

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

FÍSICA  
TAMBÉM É CULTURA

João Zanetic

SBI-IFUSP



*Tcse submetida à Faculdade de Educação  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
do Título de Doutor em Educação*

Orientador: Luis Carlos de Menezes

1989



ÍNDICE

Apresentação.....	I
A guisa de prefácio.....	1
Notas e referências.....	11
Capítulo 1 - Introdução.....	14
Notas e referências.....	25
Capítulo 2 - Pressupostos educacionais.....	27
Notas e referências.....	54
Capítulo 3 - Pressupostos filosóficos e o ensino de física.....	60
Notas e referências.....	93
Capítulo 4 - História da ciência e ensino de física.....	104
Notas e referências.....	132
Capítulo 5 - Física, sociedade e cultura.....	145
Notas e referências.....	166
Capítulo 6 - A física escolar.....	176
Notas e referências.....	195
A guisa de conclusão.....	202
Notas e referências.....	207
Apêndice 1 - Instrumentação para o ensino de física.....	209
Notas e referências.....	239
Apêndice 2 - Evolução dos conceitos de física.....	242
Apêndice 3 - O nascimento da mecânica.....	250

## RESUMO

Este trabalho parte de uma avaliação crítica do ensino de física no segundo grau e, por decorrência, da formação dos professores através dos cursos de licenciatura. Esse ensino de física é danoso pois apresenta uma visão deturpada da física, limitando-se à apresentação de um algoritmo pobre que permite a solução de problemas típicos de exames.

Revelando as lacunas e distorções da cultura científica e humanística na formação dos professores de física, a presente tese de doutoramento analisa as conseqüências desta situação e busca prescrever um arco de atividades, leituras e inserções em cursos formativos que promova a superação destas deficiências e de seus reflexos no ensino de física em geral. Isto é feito com base na utilização da história e da filosofia da física, bem como na sua ligação com a sociedade e a cultura.

Busca-se assim a reformulação do ensino de física, no segundo grau e na licenciatura, que contemple a riqueza existente na construção das diferentes teorias que compõem essa área do conhecimento. A meta é a democratização do saber, partindo da afirmação de que "a física também é cultura".

## Agradecimentos

Este trabalho, reflexão sobre uma prática educacional de quase duas décadas, não teria sido possível sem a presença marcante de vários colegas da USP, de professores do segundo grau e de inúmeros alunos do IFUSP. A todos eles dirijo meus agradecimentos.

Na fase de redação do trabalho alguns colegas foram imprescindíveis. Ao Luis Carlos de Menezes coube o ônus da orientação. Alexandre A. G. Nader, Maria Regina D. Kawamura e Yassuko Hosoume deram sugestões que enriqueceram o trabalho. A eles minha gratidão.

Dedico este trabalho a todos esses amigos, colegas e alunos.

## Apresentação

### I

A preocupação central deste trabalho relaciona-se com o ensino/aprendizagem de física, tanto a nível universitário, quanto a nível do segundo grau, tendo a formação dos professores nos cursos de licenciatura como alvo preferencial.

Além dos universitários que estudam a física profissionalmente, milhões de adolescentes que frequentam o segundo grau têm na física uma de suas disciplinas obrigatórias. A confirmar-se a tendência de caminharmos para uma democracia mais participativa, muitos outros milhões deverão chegar a esse nível escolar nos próximos anos. Desta forma, preocupar-se com o segundo grau, com o primeiro grau, e mesmo com a pré-escola, deve ser uma das dimensões que o trabalho acadêmico deve possuir para justificar sua presença social.

Que instituição está melhor preparada para abordar o conteúdo do ensino/aprendizagem, a ser oferecido por essas escolas, do que aquela que tem por atividade central a reflexão, a produção e a divulgação das várias áreas do saber? A universidade tem que estar comprometida com a transformação urgente da escola pública.

Este trabalho pretende oferecer uma contribuição que permita a reflexão sobre o conteúdo de física processado por nossas escolas. É necessário fazer com que a escola pública de segundo grau, bem como nossos cursos universitários que lidam com a formação dos respectivos professores, através das licenciaturas, processe um conhecimento vivo, instrumento de compreensão e transformação da realidade social, econômica e cultural. Focalizo minha atenção no papel educacional da escola pública, preocupado com a formação cultural da

maioria da população (maioria que inclui, por exemplo, os trabalhadores que frequentam a escola noturna).

O panorama que predomina na seleção de cultura que define o conteúdo escolar do segundo grau, com raras exceções, atende à perspectiva de preparar o adolescente para enfrentar a barreira do exame vestibular, condicional para a formação profissional a ser iniciada em algum curso superior. Esta premissa não se aplica em benefício da maioria da população escolar.

Em quaisquer circunstâncias, apenas uma pequena fração dessa população alcança cursos efetivamente superiores, que não incluem as arapucas auto denominadas superiores que proliferaram neste país nos últimos vinte anos.

Rejeito a pseudo funcionalidade da escola que organiza seus conteúdos e procedimentos educacionais a partir da perspectiva do vestibular, daí a razão de considerar que o que vai exposto neste trabalho também deve ser dirigido para os que pretendem e conseguem chegar à universidade. Não proponho, de forma alguma, dois tipos de escola de segundo grau, mas insisto que é à escola pública que o educador deve voltar sua preocupação e seu trabalho, especialmente no que toca ao ensino médio, pois é nela que mais gravemente se concentram problemas de toda ordem e é ela que, lida com aquela importante (mas ainda pequena) parcela de jovens brasileiros que, a despeito de suas desvantagens econômicas e culturais terminaram, nas condições que se conhece, o primeiro grau, e buscam uma continuidade necessária em sua formação geral.

O trabalho que será exposto a seguir, em última análise, almeja modificações no atual processo de ensino/aprendizagem de física no segundo grau e, para tanto, busca prever novos componentes para a formação do professor de física no curso de licenciatura. A situação do ensino em outras áreas do saber, por exemplo nas chamadas ciências humanas, tem passado por questionamento análogo, que já começa a se refletir inclusive em alguns livros didáticos. A própria discussão acerca do retorno do ensino de filosofia ao segundo grau, e o surgimento de textos

didáticos e paradidáticos especialmente a ele destinados, reflete uma mudança salutar no discurso educacional recente em nosso país. Mesmo na área de ciências naturais e matemática, começam a surgir iniciativas visando maior abrangência de conteúdo, para programas educacionais dos primeiro e segundo graus.

A tônica majoritária, contudo, das pesquisas educacionais nesta área, tem sido os aspectos pedagógicos e metodológicos mais do que de reformulação dos conteúdos, no sentido que será abordado neste trabalho. A importância daquelas pesquisas é inquestionável, porém é necessário, a meu ver, readequar também a mensagem, não apenas o meio. Pretendo demonstrar a importância da ampliação da mensagem no caso da física, mas fazê-lo ancorado em premissas gerais. Os capítulos 1 e 2 deste trabalho delineiam e exploram os pressupostos mais especificamente educacionais e pedagógicos; algo como a profissão de fé deste trabalho.

## II

Os elementos culturais que poderiam dar embasamento para a transformação que preconizo, a partir da formação dos professores, aparecem nos capítulos 3 (Pressupostos filosóficos e o ensino de física), 4 (História da ciência e ensino de física) e 5 (Física, sociedade e cultura), temas cuja motivação abordarei brevemente nesta apresentação inicial.

A filosofia das ciências naturais, que tem passado por um estimulante debate nas últimas décadas, está suficientemente madura para já constituir um efetivo ingrediente educacional das ciências, sobre as quais desenvolve o seu discurso, e a física, nesse contexto, é particularmente privilegiada, pois, além de

servir como objeto de estudo preferencial desses filósofos, é a que mais se adequa a muitas das teorizações devido à sua própria história, tão rica em mudanças fundamentais. O problema a ser resolvido ainda é a forma mais satisfatória para sua introdução no segundo grau, seja como um dos temas explícitos do currículo ou como elemento que subsidie o tratamento de outros conteúdos específicos, comparecendo, assim, de maneira implícita no currículo. De qualquer forma, a presença do tratamento filosófico da física nos cursos de licenciatura é para mim um ponto definitivo. Aliás, tenho desenvolvido nas disciplinas que ministro na Universidade de São Paulo ("Instrumentação para o ensino de Física" e "Evolução dos conceitos da física") uma experiência nesse sentido que será exposta com mais detalhes num dos apêndices deste trabalho.

Outra área, que tem testemunhado um grande desenvolvimento também nas últimas décadas, é a história da ciência, em particular, a história da física. Não é uma mera coincidência que tanto a filosofia quanto a história da ciência natural venham passando por este elevado nível de desenvolvimento. Principalmente devido aos trabalhos de Koyré e Bachelard, numa vertente desse estudo, e Kuhn, noutra vertente, o estudo da filosofia da ciência está intimamente vinculado aos estudos históricos. Para a formação de profissionais científicos como, por exemplo, os professores de física, é ainda mais adequada uma mescla entre os dois campos de estudo. Aliás, é exatamente essa a experiência que estou procurando levar adiante nas disciplinas acima mencionadas, e isto tem sido tão mais possível tomando como referencial, para estabelecer a história da ciência, aqueles estudos que se protegem da influência positivista dominante até há bem pouco tempo. Vale a pena lembrar também que, na literatura especializada mais recente, há toda uma polêmica sobre a utilização da história da ciência na formação dos profissionais de ciência (não só de professores). Estes tópicos serão alvos de análise no capítulo 4 deste trabalho.

Finalmente, a interação da física com a organização social e com a cultura é outro aspecto essencial nessa transformação do papel do ensino de física neste final do século XX. A finalidade desta seção do trabalho é explorar o fato de que a física é uma instituição social, pelo menos a partir da segunda metade do século XVII; como tal, ela sofreu profundas transformações no seu modo de se relacionar com as demais instituições sociais. Ela sofreu influências profundas da organização reinante nos diferentes períodos históricos, bem como influenciou os mais diversos aspectos da vida social: seu papel na indústria, comércio e organização militar, que enfatiza a dimensão sócio-econômica, é o que costuma ser salientado, porém, sua influência nos demais setores culturais também não é de forma alguma desprezível. Aliás, várias das obras dos grandes físicos que iniciaram a revolução científica do século XVII podem ser consideradas, além de obras fundamentais do desenvolvimento científico, obras literárias no sentido mais alto do termo. Kepler, Galileu, Descartes e Newton, nos legaram verdadeiras obras primas que, em vários sentidos, enfatizam e exemplificam parte das preocupações expostas nestes últimos parágrafos. Foi a vertente excessivamente tecnicista do modo de apresentar a física que acabou soterrando essa forma de pensar que estava presente nesses fundadores da física, bem como nos fundadores da física contemporânea no início deste século. Tentar mostrar a física como um rico "laboratório" cultural, muito mais complexo, vivo e mutante, como também, sua influência nos pensadores de outras áreas, é uma das intenções da transformação que proponho neste trabalho.

### III

A finalidade deste trabalho, portanto, é revelar as lacunas e distorções do ensino de física do segundo grau, no que diz respeito à cultura científica e humanística, que refletem o tipo de formação oferecida aos professores de física através dos cursos de licenciatura. Pretende-se mostrar que

essas distorções não são apenas conjunturais mas se originam de uma postura filosófica e de uma concepção de educação. A solução proposta, para superar estas deficiências, assenta-se na compreensão da física enquanto um sofisticado continente cultural a ser desvelado.

A física também é cultura. A física também tem seu romance intrincado e misterioso. Isto não significa a substituição da física "escolar" por uma física "romanceada". O que desejo é fornecer substância cultural para esses cálculos, para que essas fórmulas ganhem realidade científica e que se compreenda a interligação da física com a vida intelectual e social em geral.

Com base na reflexão sobre a atividade desenvolvida em cursos de formação de professores de física no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, pretendo prescrever um arco de atividades, leituras e inserções em cursos formativos, que promova a superação destas deficiências e de seus reflexos no ensino de física em todos os níveis, particularmente no segundo grau da escola pública. Acredito que com o auxílio desses elementos culturais será possível levar para as salas de aula a física desenvolvida neste século, antes que ele acabe.

## À guisa de prefácio

*"Qual! não posso interromper o Memorial; aqui me tenho outra vez com a pena na mão. Em verdade, dá certo gosto deitar ao papel cousas que querem sair da cabeça, por via da memória ou da reflexão."*

Machado de Assis<sup>(1)</sup>

Puxando pela memória e filtrando através da reflexão, aqui vão, à guisa de prefácio, alguns dados que mostram a origem deste trabalho sobre ensino de física, fruto de muita leitura, muitas aulas e palestras dadas e assistidas, pesquisas em livros e revistas especializadas. É uma tentativa de tornar esse ensino relevante não apenas àqueles que, via seleção não-natural, basicamente econômica, vão utilizar a física formalmente em cursos superiores, mas, e principalmente, para a grande maioria que terá no segundo grau o último contato com a educação formal.

Em particular, penso naqueles alunos que, como eu na década de sessenta, frequentam os cursos noturnos e trabalham durante o dia.<sup>(2)</sup> Há uma conjunção de duas motivações neste trabalho. Uma de caráter político, procurando na pesquisa educacional equacionar e buscar soluções para a dramática situação da educação brasileira; a outra marcada pela vivência do sistema educacional de um trabalhador que, mercê das circunstâncias, conseguiu terminar os antigos ginásio e científico cursando, obviamente, a escola pública que tão poucas vagas oferecia naquela época para os que conseguiam terminar o primário.<sup>(3)</sup> E aí a memória apresenta uma contradição flagrante: apesar de todas as críticas que se deva fazer àquela educação oferecida pela escola pública de então, segundo os mais variados parâmetros: seu conteúdo, seu extremo rigor acadêmico na avaliação<sup>(4)</sup>, sua tendência para preparar para os exames vestibulares<sup>(5)</sup>, entre outros, era pelo menos uma educação de nível razoável. Os professores de então recebiam um

salário muito superior aos salários atualmente pagos na rede pública e, como consequência, tinham tempo para preparar suas aulas e, às vezes, até para participar de atividades fora do horário de aulas. A profissão de professor ainda era valorizada, como seria até o início da década de setenta. As escolas públicas apresentavam, pelo menos, condições mínimas de ensino. Porém, havia um número muito reduzido de escolas e de vagas. A maioria da população em idade escolar, e que não tinha condições de pagar as escolas privadas, muitas delas de nível de educação inferior ao da escola pública, ficava impossibilitada de prosseguir seus estudos. A maioria ficava sem escola.

Minhas primeiras inquietações sobre a questão educacional vêm desde a época que frequentava o ginásio, quando participava de longas discussões a respeito do que era ensinado na escola. Nessas conversas entravam os mais variados temas: a definição de logaritmo e o uso das tábuas, os intermináveis teoremas de Euclides, as declinações do latim, as capitais e descrições topográficas e climáticas das mais estranhas regiões de nosso planeta, a necessidade de decorar o nome dos ossos da mão, entre outros. Meus colegas e eu estudávamos numa escola pública localizada no bairro do Brás. Filhos de pais operários, bancários ou, no máximo, pequenos comerciantes, muitos já trabalhavam nas mais diferentes atividades, uns seguindo os passos dos pais, outros, querendo fugir dessa caminhada, viam na escola uma passagem para um futuro, se não melhor, pelo menos diferente. Dessa forma, muitos sonhavam, já no último ano do colégio<sup>(6)</sup>, em continuar seus estudos na universidade, mas poucos a ela chegaram. Mesmo para esses, a universidade era uma incógnita quase total; a escolha de um curso universitário estava associada ao modismo da época, àqueles que ofereciam, aparentemente, maiores oportunidades ocupacionais, ao sonho de pais emigrados da Europa que queriam ver pelo menos um de seus filhos na universidade. Tínhamos alguma noção do que era ser engenheiro, médico ou advogado, as carreiras mais procuradas.

As disciplinas do ginásio e do científico, distantes de quase tudo que vivíamos no cotidiano, começavam a ter uma razão de ser, pelo menos para os que

sonhavam com a universidade: eram necessárias para fazer o tal do exame vestibular. Aliás, pelo menos esse nome não nos era estranho, já tínhamos passado por um para conseguir uma vaga no ginásio estadual. Afora esse 'objetivo', tudo o mais era tido como algo obrigatório e pronto. É claro que havia aqueles professores que se esforçavam para relacionar algo do conteúdo escolar com a realidade do país ou com a idade dos que eram submetidos àquele conteúdo. Lembro-me, por exemplo, das conversas com o professor de biologia, fora da sala de aula. No geral, os professores lá vinham com seus radicais, os seus movimentos retardado e acelerado, as montanhas rochosas dos Estados Unidos da América, e nós a tudo estudando por que podia "cair" na prova; os que trabalhavam, passavam noites em claro às vésperas das provas; e fomos em frente. Muitos foram ficando pelo caminho. As "matérias" que mais reprovavam eram física, química e matemática. Enfim, conseguimos até "impressionar" em casa com nossos novos "conhecimentos"; sem contar que "falávamos" alguma coisa em inglês, francês, ou mesmo latim; imagine-se o impacto que causava uma frase do tipo: "a força coulombiana entre duas cargas é dada por um sobre quatro pi epsilon zero, que multiplica q um por q dois, dividido por r ao quadrado"...; afinal, estávamos aprendendo a deixar de ser trabalhadores manuais! Enquanto isso, em história, mal chegávamos à revolução de trinta, enquanto lá fora avizinhava-se a "marcha da família com deus pela liberdade", gerando em seu ventre o monstro da "revolução" de 64.

Os anos se passaram e o curso universitário foi sendo realizado. Muitas daquelas peças desconexas que pertenciam às diferentes disciplinas científicas, aparentemente desligadas da minha vida da época do curso secundário, começavam a adquirir um certo sentido. Mas uma dúvida persistia mesmo com relação àquele "conhecimento" que começava a perder as aspas: será que apenas fazendo um curso universitário é que podemos chegar realmente a compreender o significado desse conhecimento? A matemática e a física, por serem integrantes do meu curso universitário de Física do Instituto de Física da USP, e mais, parte do português, que me auxiliava na leitura e na escrita de textos técnicos, e do inglês, que auxiliava no entendimento de muitos textos didáticos estrangeiros que

utilizávamos até no curso básico, e um pouco da química, eram um tanto quanto instrumentais para o curso. Porém, o que ficava desse conhecimento escolar para aqueles colegas, a maioria, que não haviam prosseguido seus estudos? Será que a escola secundária tinha-lhes oferecido aquele "...acesso ao conhecimento elaborado e sistematizado, ao instrumental teórico e metodológico necessário a uma visão mais crítica e articulada da realidade"<sup>(7)</sup>?

Durante alguns anos as inquietações mais propriamente educacionais foram colocadas à parte. De um lado, minha iniciação científica em física nuclear, de outro, meu envolvimento no movimento estudantil, absorveram-me completamente. Mas elas ressurgiam sempre que participava de qualquer discussão que tratasse de algum assunto relacionado com o ensino, particularmente com o ensino de física. Tanto isso era assim que, pouco tempo depois de formado, me envolvi em vários grupos que iniciavam uma incipiente "pesquisa em ensino de física", sob a coordenação de Ernst Hamburger. Essas atividades incluíam desde a participação nas equipes que preparavam um ensino básico de física diferente (textos, experimentos e filmes) até a colaboração no "Projeto de Ensino de Física", voltado para o segundo grau.

Terminado o mestrado em física, meu envolvimento com esses diferentes temas de ensino de física acabaram me conduzindo para uma especialização em ensino de ciências em Londres. Desta forma, começava a tomar corpo mais definido aquela preocupação relacionada com a problemática educacional. De fins de 1972 a início de 1975 permaneci no Centre for Science Education da Universidade de Londres. Embora a motivação básica desse estágio no exterior estivesse relacionada com interesses basicamente técnicos do ensino de física - o ensino do laboratório básico universitário, que acabou sendo o tema de minha dissertação de mestrado em educação científica<sup>(8)</sup> - fui aos poucos entrando em contato com áreas de estudo que foram importantes para sistematizar uma reflexão sobre aquelas inquietações antes mencionadas. Dado o caráter interdisciplinar do Centro em que estava estudando, tive oportunidade de me iniciar em história da física, filosofia da ciência, sociologias da ciência e da educação, que montavam um quadro radicalmente crítico do ensino de ciências da Inglaterra, e

conseqüentemente, do ensino de física do Brasil, particularmente aquele dirigido para a maioria da população. Foi nessa época que comecei a me inteirar da obra de Paulo Freire, de quem havia lido algo ainda no Brasil, que estava com seus livros banidos pela censura, nesse momento, no país. Minha primeira "leitura" de Paulo Freire, em inglês, iniciou-se com uma surpresa, uma agradável surpresa: estava assistindo um programa de televisão da Open University, pela BBC, quando foi anunciada uma homenagem ao educador Paulo Freire que, se não me falha a memória, estava recebendo algo equivalente a um título de doutor "honoris causa" pelos seus trabalhos na área de educação de adultos e no repensar a educação de um modo geral. Afinal, não era só o futebol da era Médice que era exaltado pelos ingleses. Poucos dias depois, folheando o Times Educational Supplement, me deparei com um artigo sobre Paulo Freire e uma resenha de dois de seus livros publicados pela Penguin. É assim que passo a ler os livros do mais importante educador brasileiro contemporâneo... em inglês. Havia uma espécie de um estranho, melancólico e saudoso prazer de ler os conceitos de "generative themes", "the 'banking' concept of education", "dialogical education", entre outros, no seu livro "Pedagogy of the oppressed".<sup>(9)</sup> Havia um choque cultural perpassando tudo isso naqueles momentos. Porém, esses conceitos básicos da análise freiriana me levavam de volta, e agora com uma sustentação mais sólida, àquelas mesmas inquietações. Agora elas faziam mais sentido, eram amparadas por uma crítica ao sistema educacional que não ficava apenas ao nível do existencial, das sensações, mas ia ao fundo da discussão antropológica de cultura, de alienação do trabalhador da educação, de dominação cultural imposta por valores determinados pelos que detinham o poder de definir, inclusive, qual escola era "necessária" para a maioria da população, da falta de relação (intencional) do conteúdo escolar com a realidade vivenciada por essa mesma população, da doação de conteúdo a uma "platéia" passiva, enfim, era um discurso que dava forma àquelas inquietações e que, a partir de então, alterou profundamente meu cotidiano como professor. Como saltaram daquelas páginas a concepção de "educação bancária", a visão de cabeças que eram consideradas como se fossem vasilhas vazias prontas para serem enchidas por qualquer "conhecimento", de professor que deixa de sê-lo para, ao ser transformado

em educador, ser também um educando! Foi a partir dessas incursões iniciais no universo freiriano que comecei a direcionar meu estudo com o intuito de trabalhar aquelas dúvidas sobre o papel da educação, e nesta, sobre o lugar da física na formação do cidadão brasileiro contemporâneo. As inquietações, afinal, não eram só minhas...

Paralelamente a essa nova conceitualização educacional, ia-se formando uma crítica concepção sobre o processo de desenvolvimento científico tradicional, "popularizado" nos cursos universitários através dos textos didáticos que são utilizados desde os cursos introdutórios básicos até os mais avançados cursos de pós-graduação. Este novo posicionamento foi estimulado através da leitura do "The structure of the scientific revolutions"<sup>(10)</sup>, de Thomas Kuhn que, publicado pela primeira vez em 1962, apenas no final da década de sessenta e início da seguinte começou a ter forte influência no debate envolvendo filósofos, sociólogos e historiadores da ciência. Esse livro desencadeou, durante a década de setenta, uma polêmica em torno da racionalidade/irracionalidade do desenvolvimento científico, dos conceitos de progresso e verdade na ciência, da crítica ao indutivismo clássico e ao refutacionismo popperiano e deste ao dualismo ciência normal/revolução científica. Assim, era problematizada a forma linear e cumulativa de apresentação das teorias científicas através dos manuais.

Em 1975, de volta ao Brasil, encontrei pela frente um estimulante desafio educacional no curso de licenciatura: dar aulas na disciplina de "Instrumentação para o ensino de física". Juntamente com Amélia Império Hamburger foi iniciada a reestruturação dessa disciplina que, desde sua criação em 1962, tinha no projeto PSSC<sup>(11)</sup> seu eixo central. Os quatro anos seguintes, 1975 a 1978, foram fundamentais na busca de concretizar na prática de sala de aula algumas das novas idéias recentemente aprendidas. O diálogo quase que diário com Amélia na procura de um caminho novo para a "Instrumentação" abriu várias possibilidades de exploração na área de ensino de física voltada para o segundo grau. Escrevíamos textos para os alunos, estes tinham, como uma das tarefas da disciplina, que escrever "notícias" sobre as aulas-conferências que ocorriam semanalmente para publicar no "jornal do 363"<sup>(12)</sup>, orientados por nós os alunos

desenvolviam projetos sobre os mais variados temas, alguns chegando a ser apresentados em simpósios. Participaram também dessa experiência os colegas Hideya Nakano (1975) e Diomar Bittencourt (1976 a 1978). Naqueles anos, o salário do professor secundário ainda não estava tão desvalorizado, e tínhamos mais de cem alunos frequentando a disciplina de Instrumentação, entre o diurno e o noturno<sup>(13)</sup>. Uma fração ponderável destes alunos já lecionava no segundo grau, o que tornava a discussão em sala de aula muito próxima da problemática por eles vivenciada em sua iniciação como professores. Era comum trazer o real ensino de física do segundo grau para debate em "Instrumentação". Foram anos riquíssimos na minha formação como professor e como pesquisador.<sup>(14)</sup>

A partir de 1975, então, influenciado por aquelas duas posturas críticas, uma dirigida ao sistema educacional outra ao procedimento tradicional de se apresentar o desenvolvimento científico, e motivado pelo desafio de trabalhar com alunos que já eram ou que iam ser professores de física do segundo grau, levei essa discussão num diálogo aberto na disciplina Instrumentação. Nesses diálogos tínhamos oportunidade de colocar em discussão os textos mais utilizados nas escolas de segundo grau, como também iniciar uma conversa sobre a escola e seu conteúdo, no nosso caso relacionado especificamente com a física. O impacto provocado pela leitura dos textos de Paulo Freire, nessa altura já editados em português, era às vezes até dramático. E a partir daí começamos uma discussão, que foi constante nos vários anos em que trabalhei com alunos de Instrumentação, sobre o conteúdo geral de física que era abordado nas escolas de primeiro e de segundo graus. Discutíamos questões do tipo: não deveria ser apresentada uma física mais próxima do mundo que nos cerca? A física apresentada na escola não deveria envolver também os últimos avanços conseguidos pela física deste século? E o papel da história nesse ensino?

Por essa mesma época essas questões eram também o ponto de partida de um grupo de estudos envolvendo alguns alunos da pós graduação em ensino de física e alguns docentes do Instituto de Física, particularmente Luis Carlos de Menezes e eu. Entre os alunos destacavam-se Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Mário Takeya, hoje docentes universitários e, os dois primeiros,

investigadores na área de ensino de física que, juntamente com Menezes, eu e outros colegas, iniciaram uma caminhada que prossegue até hoje. O tema principal deste grupo, nessa época inicial, era a problemática da educação popular. Também estava presente nessas discussões uma forma de tornar o ensino abstrato da física mais próximo de experiências reais, como mostra o título de um trabalho desenvolvido nessa época por alguns de nós: "*Um laboratório de termodinâmica baseado no estudo de ciclos reais.*"<sup>(15)</sup> Porém, boa parte do tempo foi tomada com uma leitura sistemática das obras de Paulo Freire e seu relacionamento com o ensino de física. Dois dos componentes do grupo de estudos, Demétrio Delizoicov e José André P. Angotti, acabaram aplicando esse estudo teórico num contexto social que era, então, muito mais propício: a recém independente Guiné-Bissau.<sup>(16)</sup>

Luis Carlos de Menezes descreve com mais detalhes um pouco da história não só desse grupo de estudos como de outros trabalhos em sua recente tese de livre docência.<sup>(17)</sup>

Ainda por essa época, um outro envolvimento que se mostrou importante nos anos seguintes estava relacionado com a tentativa de implantação da licenciatura curta nas universidades públicas, inclusive na Universidade de São Paulo. Em 1975, Vera Lucia Lemos Soares, eu e dois alunos de licenciatura de então, José Domingos T. Vasconcellos e Roberto Kishinami, fizemos um estudo dessa tentativa na USP e da Resolução 30 do Conselho Federal de Educação, responsável por essa política juntamente com a lei 5692/71.<sup>(18)</sup> Logo depois conseguimos um posicionamento da Sociedade Brasileira de Física contra essas medidas na sua reunião anual desse ano.<sup>(19)</sup> Nos anos seguintes o movimento de oposição a essa licenciatura curta ganhou amplos setores das sociedades científicas e educacionais.<sup>(20)</sup> Nos anos de 1978 a 1980 participei, como representante do Instituto de Física, numa comissão criada pela reitoria da USP para estudar a "licenciatura em ciências" na universidade. Nessa comissão defendi a não criação, naquele momento, de uma licenciatura em ciências (seria em "ciência integrada?") enquanto persistisse a legislação que insistia nos cursos de curta duração. Argumentava que a matéria "ciências" das últimas quatro séries do primeiro grau poderia ser desdobrada em disciplinas distintas, isto é, em cada série a ênfase

poderia ocorrer numa das ciências podendo, desta forma, ser ministrada por licenciados "longos" correspondentes. Assim, numa série poderia ser ensinada apenas a biologia, na seguinte a química e numa outra a física. Os professores formados para dar aulas no segundo grau poderiam perfeitamente lecionar também no primeiro grau. Como saída legal, sugeria-se a inclusão de pequenas mudanças nas licenciaturas oferecidas de tal forma a permitir que os formandos nas licenciaturas da USP pudessem ser autorizados a lecionar também no primeiro grau. Como costuma acontecer com propostas de comissões de estudo, essas sugestões ficaram por aí. De qualquer forma, a Resolução 30 ficou meio engavetada. Ao mesmo tempo, uma comissão da SBPC, coordenada por Ernst Hamburger, da qual também participei, estabeleceu uma proposta sobre a licenciatura em ciências que foi encaminhada ao MEC.<sup>(21)</sup>

Em 1978, durante a reunião anual da Sociedade Brasileira de Física, coordenei um encontro que discutiu a divulgação da física no ensino médio e universitário. Desse encontro surgiu a concepção de uma publicação dedicada aos diferentes aspectos do ensino de física. Nascia, assim, a Revista de Ensino de Física, cujo primeiro número foi publicado em janeiro de 1979. Fui o editor dessa revista desde esse número até o mais recente, que saiu da gráfica em junho do corrente ano, totalizando vinte números publicados em dez anos.

Ao longo destes últimos dez anos, paralelamente a essas atividades, dediquei-me a estudos em história e filosofia da ciência, sempre tendo como preocupação central a possibilidade de sua utilização no ensino de física, particularmente na formação de professores. A um aprofundamento na leitura de Kuhn juntou-se, um aprendizado das idéias de Popper, Feyerabend e, ultimamente, a descoberta de Gaston Bachelard e seu discurso dialético, rico para a problemática pedagógica. Ao mesmo tempo, um estudo das várias formas de fazer a história da física foi surgindo da leitura de artigos especializados sobre o assunto. Uma compreensão da física como uma atividade socialmente organizada também foi sendo aprofundada ao longo desse período.

A partir de 1984 uma outra atividade fundamental começou a ser desenvolvida, tendo como inspiração um curso de extensão sobre a "Física das coisas", ministrado por Menezes a professores de física do segundo grau. Daí surgiu a idéia de se constituir um grupo de trabalho visando a elaboração de material didático. Disso resultou o GREF (Grupo de reelaboração do ensino de física) que contou com a participação de quase duas dezenas de professores do segundo grau, coordenados por Luis Carlos de Menezes e Yassuko Hosoume e contando também com a minha colaboração. O material produzido, que já está em vias de ter uma primeira versão completa, como as inúmeras discussões havidas nos últimos cinco anos, foram extremamente enriquecedores para todos os participantes como também para o trabalho que estou desenvolvendo.

Todos esses estudos influíram na minha concepção de ensino de física, enquanto uma atividade cultural, que procurei, sempre que possível, levar para os meus alunos, seja através da disciplina de "Evolução dos Conceitos da Física", seja através da "Instrumentação para o Ensino de Física", no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Ao mesmo tempo, levava essas idéias nos cursos de extensão, ministrados em diversas ocasiões ao longo dos últimos cinco anos, bem como através de alguns artigos e resenhas em diversos órgãos de divulgação.

Finalmente, inscrevi-me no programa de doutoramento da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Essa inscrição deveu-se não apenas ao desejo de sistematizar o trabalho desenvolvido ao longo desses anos, mas também como parte do incremento de atividades de pesquisa relacionada com esse tema na pós graduação em ensino de ciências (modalidade física) desenvolvida conjuntamente pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação. Este ano, deixei de lado as diversas atividades em que estive envolvido a fim de dedicar-me à elaboração deste trabalho.

## Notas e referências

01. Assis, Machado de. Memorial de Aires. Coleção Saraiva, São Paulo, 1964, pág. 78.
02. Moraes, Carmen Sylvia Vidigal de. Os cursos noturnos e a educação do trabalhador. In: Fischmann, Rosely (org.). Escola brasileira. Editora Atlas, São Paulo, pág. 133. A autora informa que  
*"Levando-se em consideração os dados de 1982, da Fundação Carlos Chagas, temos que, na Grande São Paulo, 68% dos jovens entre 15 e 18 anos estão fora do 2º grau. Do restante, 70% cursam o 2º grau noturno.  
 (...) Na rede estadual noturna, 81% dos alunos trabalham, enquanto, na escola particular, a porcentagem dos que o fazem atinge 76%."*
03. Eis o que dizia Florestan Fernandes a este respeito sobre o sistema educacional no ano de 1957, quando eu frequentava a 2ª série do ginásio:  
*"O que espanta, nesses dados, é a distribuição vertical das oportunidades educacionais. (...) Sobre 6.465.579 matrículas no ensino primário, observamos 26.879 matrículas no ensino elementar extra-primário, 972.894 matrículas no ensino médio e 85.753 matrículas no ensino superior. Em outras palavras, o total de matrículas de todos esses ramos do ensino equivale a 1/6 da população educacional das escolas primárias, o que patenteia ser ínfimo o número de indivíduos que consegue varar, nas condições atuais, na direção de oportunidades educacionais mais complexas."* Florestan Fernandes. Educação e sociedade no Brasil. Dominus Editora e EDUSP, São Paulo, 1966, pág. 23.
04. Apenas para dar uma idéia do índice de reprovação (a desistência não era muito grande) basta dizer que quando iniciei o 1º ano do científico tínhamos três classes com cerca de quarenta alunos em cada uma e quando iniciei o 3º ano só restava uma única classe com pouco menos de quarenta alunos.
05. A influência dos vestibulares não era tão dramática como nos últimos 15 ou 20 anos. Naquela época não havia um vestibular unificado o que diminuía um pouco a influência desse exame na definição real dos programas.
06. A divisão entre o "científico" e o "clássico" é uma mostra da influência do curso superior sobre o ensino médio. O colegial era a passagem obrigatória para continuar a estudar.
07. Moraes, Carmen S. Vidigal de. Ref. 2, pág. 140.
08. Zanetic, João. Practical work in the teaching of physics at the university level. MEd. Dissertation, University of London, 1974.
09. Freire, Paulo. Pedagogy of the oppressed. Penguin Books, London, 1972.
10. Kuhn, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975.
11. Physical Science Study Committee.
12. Jornal do 363 foi publicado em 1975 e 1976. O 363 vem do código da disciplina FEP 363. Nele eram publicadas as "notícias" de cada aula teórica por cada uma das três classes. (duas no noturno e uma do diurno), a programação do curso, resumo dos projetos realizados pelos alunos e outras informações.
13. Se compararmos com os números de hoje teremos mais um dado sobre a deterioração do ensino de segundo grau em São Paulo. O curso de licenciatura em física mais antigo do Estado está quase desaparecendo. Em 1988 concluíram a disciplina de Instrumentação, obrigatória para os alunos de licenciatura, apenas cerca de 20 alunos, quando o número em 1975 era próximo de 100.
14. Vários colegas da área de ensino de física chamaram a atenção para o fato de que muitos dos temas abordados em Instrumentação nesses anos acabaram se transformando em temas de pesquisa em ensino de física nos anos seguintes.
15. Takeya, Mário; Zanetic, João e Menezes, Luis Carlos de. Um laboratório de termodinâmica baseado no estudo de ciclos reais. Rev. Bras. de Física, São Paulo, volume especial 2, outubro/1976, pág. 450.
16. Seus trabalhos culminaram em dissertações de mestrado em ensino de física onde relatam a experiência educacional vivenciada.  
 Demétrio Delizoicov. Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal. Dissertação de mestrado, FEUSP/IFUSP, 1982.  
 José A. P. Angotti. Solução alternativa para a formação de professores de ciência; um projeto educacional desenvolvido na Guiné Bissau. Dissertação de

mestrado, IFUSP/FEUSP, 1982.

17. Menezes, Luis Carlos de. Crise, cosmos, vida humana. Física para uma educação humanista. Tese de livre-docência, IFUSP, 1988, págs. 176/239.
18. Soares, Vera Lucia L.; Zanetic, João; Vasconcellos, José Domingos T. e Kishinami, Roberto. Críticas à implantação da resolução 30 na USP, mimeografado, 1975.
19. Nesse mesmo ano não se conseguiu aprovar um documento idêntico na assembléia geral da SBPC. Porém, em 1976, isso foi conseguido.
20. Uma polêmica longa sobre a licenciatura curta. Rev. de Ensino de Física, vol. 2, nº 3, ago/80, págs. 67/81. (Material editado por João Zanetic e Vera Lucia Lemos Soares).
21. Diversos autores. Sugestões para a formação de professores da área científica para as escolas de 1º e 2º graus. Rev. Ens. Física, 2(4), dez/80, págs. 41/56; ou Ciência e Cultura, 33(5), mar/81, págs. 369/377.

## Capítulo 1

### Introdução

*"A Ciência pode ser encarada sob dois aspectos diferentes. Ou se olha para ela tal como vem exposta nos livros de ensino, como coisa criada, e o aspecto é o de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contradições. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, e o aspecto é totalmente diferente - descobrem-se hesitações, dúvidas, contradições, que só um longo trabalho de reflexão e apuramento consegue eliminar, para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições. (...)*

*A Ciência, encarada assim, aparece-nos como um organismo vivo, impregnado de condição humana... como um grande capítulo da vida humana social."*

*Bento de Jesus Caraça<sup>(1)</sup>*

É ponto pacífico a aceitação da escola como o lugar ideal para o adestramento das jovens gerações naquele conjunto de informações, conhecimentos básicos e técnicos, instrumentais para sua colocação na vida em sociedade,

entendida esta como sendo o futuro envolvimento no mercado de trabalho - afinal, todos temos que trabalhar - e a preparação para posteriores estudos visando, como alvo maior, o possível ingresso num curso superior. Assim é que, se nas primeiras séries do primeiro grau (correspondentes ao antigo primário) as letras e os números desempenham papéis quase inquestionáveis de iniciação e desvelamento para uma linguagem, portanto, organização estruturada do mundo, o mesmo não pode ser afirmado quando nos propomos a analisar o que passa por conhecimento representativo das diferentes áreas do saber. Aí, a dimensão quase exclusivamente propedêutica toma a posição de destaque, sendo uma série escolar o pré-requisito para a série seguinte, numa seqüência que aponta para um hipotético exame vestibular<sup>(2)</sup>. É essa aceitação pacífica dos conteúdos abordados em nossa escola que será questionada ao longo deste trabalho, focalizando, particularmente, o ensino da física no segundo grau, mediatizado pela formação do respectivo professor através dos cursos de licenciatura.

Cheguei a uma dura avaliação do estado atual do ensino de física, fruto do conhecimento do conteúdo ministrado na escola pública, da familiarização com os textos didáticos, da experiência com as licenciaturas em física, do conhecimento dos exames vestibulares e do contato permanente com professores da rede pública. No geral, este ensino, mais que deficiente, é realmente danoso por apresentar uma visão distorcida da física enquanto ciência; vale a pena delinear algumas características da perversão educacional que denuncio:

i. é praticada apenas uma operacionalização muito pobre dos conceitos e leis da física clássica. A forma dominante do ensino de física restringe-se à mera apresentação de um sumário dos conceitos, leis, grandezas físicas e unidades de medida, seguida de uma extensa lista de exemplos resolvidos e exercícios propostos. De um modo geral, nos livros didáticos adotados, o número de páginas dedicado a esses exemplos e exercícios supera o dedicado à exposição "teórica". Assim, a ênfase é a operacionalização de conceitos e leis, deixando entender que a solução correta de testes e problemas é uma medida adequada da aprendizagem em física. A avaliação dessa aprendizagem raramente se dá de outra forma que não seja

a solicitação de resolução desse tipo de problemas que, por seu turno, representam configurações de situações que servem tão somente à aplicação de fórmulas que sintetizam as leis e conceitos correspondentes aos temas abordados. Não se trata sequer de enfatizar o formalismo da física, mas sim o seu "formulismo". Isto significa que tais exercícios acabam tendo pouca relevância na compreensão da física enquanto um ramo do conhecimento que, em primeira instância, busca uma familiaridade com a natureza física. Assim, o treino no algoritmo da física, destreza necessária, se dá num vazio intelectual e vivencial.

ii. Foi suprimida a prática experimental, básica para a compreensão de conceitos, teorias e métodos. Este é um dos aspectos mais discutidos nos trabalhos que tratam das deficiências no ensino de física. Embora a atribuição do termo "ciência experimental" tenha uma carga essencialmente positivista ou indutivista, não se pode deixar de criticar a inexistência de experiências práticas no ensino de física. E aqui devemos entender tanto experimentos que tragam esclarecimentos com relação à construção teórica estabelecida, quanto a experiências ligadas à vida cotidiana.

iii. Não se contempla a mudança epistemológica por que passou a física desde a sua estruturação clássica a partir do século XVII. Apresenta-se o conteúdo teórico da física como se seus conceitos e leis houvessem nascido meramente de uma atitude contemplativa inteligente dos fenômenos físicos ou a uma genialidade transcendental de uns poucos iluminados. Quando alguma discussão metodológica ou filosófica comparece de forma implícita, transparece aquela descrição do método científico que remonta ao modelo indutivista mais primitivo.

iv. Está ausente a história da física, tanto a internalista, isto é, a história do surgimento dos conceitos e leis universais que compõem as teorias, quanto a externalista, isto é, aquela que procura relacionar a evolução das idéias da física ao contexto social. Há um arremêdo de história quando se apresentam as datas de determinados acontecimentos e de nascimento e morte de alguns físicos. A impressão que se tem é que as idéias da física surgiram num vazio intelectual e na ausência de determinantes sociais e econômicos.

v. A física é apresentada como um ramo do conhecimento neutro, apolítico e desligado do cotidiano. A extrema abstração dos exemplos resolvidos, a a-historicidade e a não influência do contexto social, acima indicados, levam a uma concepção de autonomia da física face à vida social que dificulta sobremaneira a transferência do conhecimento para outras situações distintas do contexto escolar, sejam elas simplesmente de aplicação a situações novas, seja a compreensão das implicações sócio-econômicas de determinados acontecimentos em que a física poderia vir em auxílio.

vi. O conteúdo da física se restringe aos diferentes ramos consagrados da física clássica, com a total ausência dos desenvolvimentos por que passou a física contemporânea após o advento da relatividade e da mecânica quântica. Aliás, esse não é um problema apenas brasileiro ou dos países subdesenvolvidos. Num recente editorial do American Journal of Physics, situação análoga era criticada, apontando, que

*"A ausência da física moderna em nossos cursos introdutórios é uma medida do nosso fracasso... O conteúdo básico da física introdutória tem permanecido essencialmente o mesmo por décadas. (...) O conteúdo de nossos cursos é, como tem sido por cerca de um século, mecânica, calor e termodinâmica, eletricidade e magnetismo, óptica." (3)*

vii. Como coroamento desses pontos negativos, e para terminar esta lista, vem a sensação de desconforto para com a física demonstrada pelos adolescentes que pela primeira vez se defrontam com a física escolar. Há uma forte rejeição da física escolar. É a disciplina que mais reprova. É aqui que a palavra disciplina retorna às suas origens, designando um instrumento de sadismo intelectual (o chicote ou vara utilizados na escola medieval).

Essa situação não se restringe ao ensino/aprendizagem de física, é uma característica que compreende todas as disciplinas que compõem o currículo de nossas escolas. Como a escola é, via de regra, entendida como uma seqüência

hierárquica de aquisição de conhecimento, a característica propedêutica acaba sendo a dominante. Isto é, quem não prosseguir o estudo após a conclusão do primeiro grau não terá uma visão razoável da geografia, da história, das ciências, etc, já que um aprofundamento maior promete ser dado nas aulas do segundo grau. Porém, com certeza, quem não prosseguir os estudos após a conclusão do segundo grau, também não terá uma visão razoável da geografia, história, física, química, biologia, etc, já que um aprofundamento maior promete ser dado nas aulas dos cursos universitários. Porém, sem dúvida quem não prosseguir os estudos após a conclusão da universidade, também não terá uma visão razoável de ... Esta é uma seqüência que não tem fim.

Desta forma, em nossas escolas públicas de primeiro e segundo graus há uma apresentação fragmentada e incompleta das diferentes áreas do saber que são contempladas na escolha curricular. Isto é dito desta forma pois há todo um elenco de outras áreas que sequer atingem as salas de aula, não são selecionadas para serem "transmitidas" como formas de conhecimento. Sob outras perspectivas educacionais, outras disciplinas poderiam participar do curriculum, tais como, filosofia (que começa a retornar), psicologia, antropologia, economia, geologia, artes plásticas diversas, política, música clássica e popular, tradições folclóricas, e ... história da ciência.

É indiscutível que a escola, em qualquer de seus níveis, do pré-primário à pós-graduação, nunca poderá oferecer um panorama completo e definitivo da visão de mundo total de uma forma de conhecimento. A educação em qualquer campo é um processo permanente de estudo e reflexão, não termina nunca. Apesar disso, é possível e necessário estruturar um mínimo de conhecimento básico que permita ao indivíduo auto-educar-se daí para a frente. É com este sentido que deve entender-se a terminalidade da escola média: preparar o indivíduo tanto para o prosseguimento eventual dos estudos, como também fornecer os elementos mínimos que lhe permitam participar da aventura do conhecimento

genuíno. A fim de que o currículo escolar possa desempenhar esse duplo papel, algumas questões gerais poderiam servir de orientação:

i. do conhecimento acumulado ao longo da história da humanidade o que deve ser selecionado para ser ensinado na escola ?

ii. essa seleção permite que um cidadão contemporâneo entenda melhor o universo em que vive no sentido de abarcar a sua localização no espaço e no tempo, seu papel na produção, o conhecimento do mundo físico, o funcionamento básico de seu corpo e de sua mente, as potencialidades de seu país, o funcionamento do Estado e as razões da organização social reinante e sua possível transformação, etc, etc ?

iii. essa seleção vai ser útil no seu trabalho de tal forma a torná-lo um trabalhador flexível e não apenas um mero apêndice da máquina ?

iv. esse conhecimento selecionado vai ajudá-lo a usufruir de suas horas de lazer ?

v. esse conhecimento é útil no prosseguimento dos estudos ?

Tentando responder uma seqüência de questões como a acima exposta certamente construiríamos um currículo cujo conteúdo diferiria em muitos aspectos do atual. Mais adiante procurarei aprofundar um pouco isso no que diz respeito à física.

Como já mencionei no início deste capítulo, o ensino de física no segundo grau, com raríssimas exceções, como atestam os livros didáticos de física "mais populares", é totalmente dedicado ao "ensino/aprendizado" da solução de exercícios e problemas restando pouco tempo das aulas à experimentação, à discussão teórica, à evolução das idéias e teorias que compõem o universo da física. A. Villani salienta que este "modelo" de ensinar física comparece, com pequenas variantes, nos diferentes níveis de escolarização, mostrando "... seu poder quase totalitário..." sobre os professores.<sup>(4)</sup> Como conseqüência deste "modelo" a excessiva ênfase no paralelismo entre "conteúdo de física" e as "fórmulas da física" reduz o ensino/aprendizagem da física à utilização dessas fórmulas na solução de problemas típicos, diferindo o enfoque nos 2º e 3º graus meramente na dificuldade matemática correspondente.<sup>(5)</sup>

É claro que a aprendizagem da solução de problemas típicos, que envolve o domínio de uma metodologia de trabalho, um formalismo matemático adequado, a utilização correta de grandezas e unidades físicas, bem como a avaliação final do resultado obtido, é parte fundamental da aquisição de conhecimentos físicos, é a parte que evidencia o potencial do que foi aprendido na solução de problemas teóricos e/ou práticos. Sem chegar a essa aplicação do conhecimento científico raramente se poderá dominar as teorias que o compõem. Porém, esse aspecto, basicamente técnico da aprendizagem científica, não é suficiente para fornecer uma visão razoável do complexo sistema representado por qualquer ramo do conhecimento, especialmente a física. É provável que o ensino/aprendizagem dessas técnicas envolvidas na solução de problemas típicos de física desempenhe um papel de familiarizar e adestrar no formalismo matemático os alunos que prosseguirão o estudo da física num curso superior. Porém, acredito que um ensino de física que contemple o que será proposto ao longo deste trabalho, será ainda mais útil, mesmo para esses alunos, pois dará um "sabor" ao saber.

Ao longo deste trabalho, onde deixarei clara minha crítica a essa forma de aprendizagem/ensino e proporei uma estratégia educacional alternativa, voltarei a tratar da aprendizagem, inclusive dos alunos que se dirigem aos cursos superiores onde seguirão uma carreira científica ou de aplicação dos conhecimentos científicos. No entanto, minha preocupação central é com a grande maioria de alunos do segundo grau que terá neste nível de escolarização a última (e única) oportunidade de manter um estudo sistemático de física com orientação de um professor.

Acredito que devemos oferecer, aos alunos do segundo grau, um conteúdo de física que consiga transmitir um pouco que seja da "cultura científica" viva, que está presente no contínuo aperfeiçoamento deste ramo das ciências exatas. Um ensino de física que dará a base para os que prosseguirão seus estudos nas universidades bem como para aqueles que desejarem fazê-lo autonomamente como uma atividade intelectual enriquecedora, como parte de uma educação permanente.

Ou ainda uma educação em física que a torne instrumental, no sentido que Paulo Freire empresta a esse termo:

*"Estávamos, assim, tentando uma educação que nos parecia a que precisávamos. (...) Realmente instrumental, porque integrada ao nosso tempo e ao nosso espaço e levando o homem a refletir sobre sua ontológica vocação de ser sujeito. E se já pensávamos em método ativo que fosse capaz de criticizar o homem através do debate de situações desafiadoras, postas diante do grupo, estas situações teriam de ser existenciais para os grupos. Fora disso, estaríamos repetindo os erros de uma educação alienada, por isso ininstrumental."*<sup>(6)</sup>

No meu entender esse ensino/aprendizagem de física só será instrumental, nesse sentido freiriano de concepção problematizadora que leva em conta o caráter histórico da humanidade, se se propor a responder a questões do tipo das que foram formuladas antes. É o que pretendo fazer brevemente a seguir.

Para satisfazer essa instrumentalidade o ensino de física deve ser estruturado de tal forma a atender as seguintes condições:

1. Ofereça aos alunos um domínio de conceitos e das respectivas ferramentas matemáticas e experimentais de tal forma que possam utilizá-los na solução de problemas teóricos e de situações associadas ao cotidiano. Isto significa que o aluno deverá ser capaz não apenas de apreender o potencial dessas ferramentas enquanto uma construção intelectual que desvende parte do universo físico, como também, seu potencial na compreensão de fenômenos e aparelhos utilizados no cotidiano. Por exemplo, a teoria básica envolvida no modelo clássico de corrente elétrica permite ao mesmo tempo tanto a compreensão de determinados fenômenos físicos básicos como, por exemplo, a diferenciação entre condutores e isolantes, os campos elétrico e magnético, etc, quanto a explicação de mecanismos básicos de aparelhos simples, como lâmpadas, chuveiro elétrico, motores, etc.<sup>(7)</sup>

2. Torne clara as metodologias utilizadas pelos físicos. Aqui se pretende uma análise razoável sobre o chamado "método científico". Há uma vasta literatura antiga e contemporânea que deveria ser parte integrante do curso de licenciatura em física de tal forma a fornecer uma formação mínima aos futuros

professores de física. A intenção seria a de desmistificar a crença no método científico tradicional que vem desde a época de Bacon (século XVII) e que ainda hoje é veiculada, explícita ou implicitamente, pela escola e pelos meios de comunicação. Assim, é importante enfatizar que há procedimentos metodológicos bem distintos: uns que partem de resultados experimentais e que, de forma indutiva, permitem a elaboração de leis fundamentais; noutro extremo, há outros que se baseiam quase exclusivamente em "experiências de pensamento" dando lugar à imaginação criadora do cientista buscando a articulação e desenvolvimento de uma dada visão de mundo.

3. Mostre que o desenvolvimento da física é parte integrante da história social, é um produto da vida social, estando assim condicionada por uma imensa gama de fatores e interesses, que são cambiantes dependendo da época em que determinadas teorias e concepções sobre o mundo foram desenvolvidas. Interesses econômicos foram e são importantes na orientação e desenvolvimento da pesquisa em áreas específicas, como ocorreu, por exemplo, com o desenvolvimento das máquinas térmicas e da correspondente construção teórica, a termodinâmica, durante o século XIX; um outro exemplo, segundo alguns autores, é o próprio desenvolvimento da mecânica newtoniana, muito próxima dos problemas técnicos enfrentados pela nova organização social nascente da crise do feudalismo do século XVII, como por exemplo, o estudo do movimento de projéteis acoplado ao uso e construção de diferentes tipos de armas. A astrologia serviu de motivação para o estudo do movimento dos corpos celestes e elaboração de mapas celestes bem precisos, básicos para o desenvolvimento da astronomia que, por sua vez, levou à criação de teorias físicas. Esta influência esteve presente desde a antiguidade até a época do Renascimento com os trabalhos de Kepler, por exemplo. A física nuclear teve um grande impulso no seu desenvolvimento a partir do início da década de quarenta com as pesquisas voltadas para a construção de artefatos nucleares (bombas atômicas); mais recentemente, problemas militares acabaram influenciando outros campos da física.

Aspectos teológicos também compareceram, em diferentes épocas, no desenvolvimento do conhecimento científico, particularmente na história da física,

ora alimentando as concepções dos pesquisadores, como ocorreu com os pesquisadores aristotélicos da idade média até o século XVII, ora exercendo o poder de censura, prisão ou morte, como ocorreu com Copérnico, Bruno, Descartes e Galileu, entre outros. Aqui estavam envolvidas concepções básicas como as que atribuem movimentos à Terra, universo infinito, rugosidade na superfície da lua, possibilidades de vida em outros corpos celestes, etc.

Enfim, o conhecimento científico é um produto da vida social e como tal leva a marca da cultura da época, da qual é parte integrante, influenciando e sendo influenciado por outros ramos do conhecimento, sendo o relacionamento da física com a filosofia um dos melhores exemplos.

4. Ofereça aos alunos uma visão da física que aproxime a "física escolar" dos mais recentes avanços construídos pelos físicos contemporâneos. Isto significa que o conteúdo da Física a ser trabalhado no segundo grau não pode ficar restrito apenas à física conhecida até fins do século XIX, sob pena de dar uma impressão totalmente falsa e incompleta da perspectiva de mundo oferecida atualmente. Isto porque no final do século passado e início deste a física conheceu um desenvolvimento de tal monta que toda a concepção de mundo que se tinha teve que ser repensada. A física newtoniana, por exemplo, que continua válida quando nos referimos a corpos macroscópicos e a velocidades normais dos veículos existentes (mesmo dos mais velozes foguetes), deixa de ser válida no micromundo (aquele habitado por átomos e moléculas) ou para grandes velocidades (aquelas presentes nos fenômenos eletromagnéticos, por exemplo). Aí começam a atuar a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade, respectivamente. Muitos fenômenos só têm uma explicação razoável quando apelamos para essas duas teorias do século XX, totalmente ausentes nas aulas do segundo grau. É claro que ainda hoje existem dificuldades de apreender e de passar adiante esse "novo" conhecimento. Certamente as novas gerações terão menos dificuldade na apropriação do conteúdo dessas teorias se se depararem com elas ainda no segundo grau. Quando menos, essas teorias certamente contribuirão para aguçar o imaginário, a fantasia, o espírito criador, que devem também ser parte integrante do objetivo educacional de nossas escolas de segundo grau. E mais, não é suficiente dizer-se que um ótimo

aprendizado da física clássica prepara o terreno para a aprendizagem posterior, na auto-educação fora da escola, da física contemporânea, pois, a metodologia presente nesta é de outra qualidade, muito mais sofisticada e que rompe não apenas conceitualmente com as teorias anteriores.

É, enfim, a tentativa de apresentar a física como um elemento cultural básico para a compreensão do mundo contemporâneo, para o entendimento de concepções do mundo físico que existiram na história e para a "satisfação cultural" do cidadão contemporâneo.<sup>(8)</sup> E, acima de tudo, como afirma Bento de Jesus Caraça, no epígrafe que abre este capítulo, é a tentativa de apresentar a física como "um organismo vivo, impregnado de condição humana."

## Notas e Referências

01. Caraça, Bento de Jesus. Conceitos fundamentais da matemática. Lisboa, 1975, pág. XIII. Original de 1941.

Caraça (1901 - 1948) foi professor de matemática, em Portugal, e autor de vários artigos e livros sobre matemática. Escreveu também sobre história da ciência. Seu livro, aqui mencionado, embora se refira ao ensino da matemática, apresenta inúmeros trechos de história da ciência, procurando também relacionar a origem de conceitos matemáticos com a evolução histórica.

02. Neste trabalho parto do pressuposto de que a grande maioria dos alunos do 2º grau tem um hipotético ingresso na universidade como motivação maior para freqüentar esse nível de ensino. Um estudo recente, realizado em Curitiba, mostrou que mesmo entre alunos da classe trabalhadora se verifica essa predominância de opção pelo 2º grau: 40% dos alunos indagados apontaram o ingresso na universidade, 25% indicam o ingresso no mercado de trabalho e 35% disseram ter sido motivados para "...a melhoria das condições de vida, a aquisição de conhecimento e o prazer de estudar".

Kuenzer, Acacia. Ensino de 2o grau - o trabalho como princípio educativo. Cortez Editora, São Paulo, 1988, pág. 101.

03. Rigden, J. S. Editorial. Am. J. Phys., 54(12), December 1986, pág. 1067. Ainda nesse editorial lemos o seguinte:

*"O significado derivado da física informa o intelecto sobre as mais básicas realizações do universo; ela nos ensina sobre a massa-energia que toma a forma de um átomo, a proteína, uma folha de carvalho, uma criança; ela forma a imaginação humana e encontra expressão na arte, literatura e música; ela inspira hábitos de pensamento que estabelecem o tom, o caráter da cultura humana."*

Ainda o mesmo autor, num editorial um pouco anterior da mesma revista, mostra-se preocupado com a pouca atenção aos aspectos culturais da física. Diz ele que, nas décadas de 30 e 40, havia uma grande preocupação por parte dos físicos com esses aspectos. Diz ele que:

*"Os físicos daquelas décadas entendiam sua disciplina como uma parte central e penetrante da cultura imediata e da cultura futura. A visão dos físicos com relação ao lugar da física dentro da cultura contemporânea é, por comparação, míope".*

Am. J. Phys., 54 (3), March 1986, pág. 205.

04. Villani, Alberto. Conteúdo científico e problemática educacional na formação do professor de ciências. Tese de livre-docência. IFUSP, São Paulo, 1987, pág. 11.

05. Villani, A. Ref. 4, págs. 14/17.

06. Freire, Paulo.

07. Uma proposta de ensino/aprendizagem de física a partir da fenomenologia do cotidiano está sendo desenvolvida pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) do Instituto de Física da USP. Trata-se de um conjunto de textos para professores do segundo grau abordando a mecânica, o eletromagnetismo, a física térmica e a ótica, com passagens pela física contemporânea. Propõe uma estratégia e uma metodologia, além da abordagem do conteúdo, que satisfaz bem de perto a proposta de ensino "instrumental" no sentido freireano.

08. Segundo conceituação formulada por Snyders.

Snyders, Georges. A alegria na escola. Editora Manole, São Paulo, 1988.

## PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS

*"Não se pode dizer que o índio é analfabeto porque vive numa cultura que não conhece as letras. Prá ser analfabeto é preciso viver no meio das letras e não conhecer elas."*

Um camponês<sup>(1)</sup>

A Educação é um processo social que surge na história muito antes do aparecimento da escola. É um processo que tende a promover a humanização, a iniciação nas tarefas mais simples do cotidiano, atingindo a todas as esferas da atividade social, no trabalho, no lazer, na rua, no clube, no sindicato, como também na escola. A educação através da escola é o alvo deste trabalho.

Um dicionário da língua portuguesa, muito utilizado entre nós, assim apresenta o verbete: "educação"

*"Educação, s.f. Ação exercida pelas gerações adultas sobre as gerações jovens para adaptá-las à vida social; trabalho sistematizado, seletivo e orientador, pelo qual nos ajustamos à vida, de acordo com as necessidades, ideais e propósitos dominantes;..."*<sup>(2)</sup>

Não precisamos estar vivendo no pior dos mundos para contestar essa "definição" de educação, conformista e autoritária por excelência. É claro que poderemos ser tentados a afirmar que caso a organização social reinante seja de nosso agrado tal definição não seria tão problemática assim. Não penso dessa maneira. Acredito que a educação tem que ser um elemento social continuamente

dinâmico, crítico, criativo, libertador e mutável mesmo no melhor dos mundos. As gerações adultas num mundo vertiginosamente cambiante não podem ter a pretensão de tutela sobre a orientação "adaptadora" das jovens gerações. É antes a interação, a educação dialógica, que deve ser o princípio dominante.

O que foi dito acima não significa que os educadores devam abdicar de sua tarefa de levar avante suas propostas educacionais, de cairmos num "laissez faire" inconseqüente. Como nos lembra sempre Paulo Freire, é o modo novo do educador realizar suas tarefas, nunca deixando de ser um educando, o que vem se constituir num desafio a ser enfrentado. Não podemos continuar encarando o processo educacional como um interminável depositar de idéias inertes, desligadas da vida real, pobres em conteúdo, sobre as "cabeças desavisadas" de crianças e adolescentes (as "vasilhas" da educação bancária, como nos diz Paulo Freire) com a esperança de que sejam como nós quando crescerem.<sup>(3)</sup>

O costume, ingênuo ou intencional, de aceitar como neutros os conteúdos educacionais, mesmo numa área do conhecimento como a física, tem que ser abandonado. Embora devamos evitar cair no extremo oposto de negar, pura e simplesmente, o discurso educacional tradicional, temos que ter presente que

*"... o modo como uma particular sociedade seleciona, classifica, distribui, transmite e avalia o que se entende por conhecimento educacional reflete a estrutura de poder e os princípios de controle social."*<sup>(4)</sup>

Esta constatação de Bernstein está presente em toda e qualquer organização social. O problema é como implementar esse procedimento de seleção de forma a construir uma educação emancipadora e que, ao mesmo tempo, realmente indique o que vai passar por conhecimento a ser processado na escola de modo democrático, competente, culturalmente significativo e comprometido com a transformação social que tenha por eixo os interesses e necessidades da maioria da população.

O educador comprometido com uma educação transformadora não pode esquecer que a escola não é apenas uma "organização-que-processa-pessoas",

ela é, também, uma "organização-que-processa-conhecimento". É necessário, assim, problematizar o conteúdo do que vai ser abordado nas aulas, isto é, o conhecimento tem que ser avaliado segundo uma análise crítica.<sup>(5)</sup>

Vários teóricos da educação e educadores, preocupados com a construção dessa educação emancipadora, procuraram equacionar esta problemática educacional partindo das mais variadas premissas e objetivos. Os que menciono neste capítulo estão entre aqueles que problematizaram o conteúdo curricular, além das demais questões pertinentes à visão da educação. Por exemplo, B. Bernstein tentou jogar um pouco de luz sobre estes problemas elaborando, um pouco mais, um procedimento que inicialmente foi estudado pelo sociólogo e educador E. Durkheim quando introduziu os conceitos de "solidariedade mecânica" e "solidariedade orgânica". A solidariedade orgânica seria característica de uma sociedade na qual os indivíduos entram em contato, interagem socialmente, através de uma "interdependência complexa de funções sociais especializadas". Assim, nesta sociedade a integração social se realizaria principalmente através das diferenças entre os indivíduos. Por outro lado, a solidariedade mecânica diz respeito à sociedade na qual os indivíduos se integram apenas na medida em que tenham algo em comum (valores, crenças, etc) a compartilhar.<sup>(6)</sup> Bernstein sugere que, pelo menos ao nível teórico, a organização escolar está passando por uma fase de mudança de ênfase: da solidariedade mecânica para a solidariedade orgânica. Ele tenta explicitar essa tendência afirmando que se está deixando de discriminar crianças pelo quociente de inteligência (QI), pelo sexo, ou pela idade; o professor está deixando de ser um "doador-de-soluções" para passar a ser um "colocador-de-questões"; o currículo está tendendo a deixar de ter a disciplina (matéria) como unidade para centrar-se num tópico multidisciplinar.<sup>(7)</sup> É claro que Bernstein está apenas sugerindo que estas tendências existam, não que elas já estejam dominando o cenário educacional contemporâneo.

Essa tendência de mudança significaria uma abertura para uma educação que colocasse menos ênfase na especialização, uma educação na qual as

disciplinas que compõem o currículo não apresentassem suas fronteiras muito bem definidas e demarcadas; esta é uma visão que se opõe à clássica idéia de "formas de conhecimento" estratificadas. Seria, portanto, uma defesa do ensino de "ciência integrada"<sup>(8)</sup> ou melhor, do "ensino integrado de ciências", onde as várias ciências deveriam contribuir para o estudo de um determinado tema que orientaria todo o trabalho escolar. D. Delizoicov<sup>(9)</sup> e J.A. Angotti<sup>(10)</sup> desenvolveram um trabalho, inspirados em Paulo Freire, que levou-os à elaboração de "temas unificadores" em ciências, que nada mais são que uma explicitação dos "temas geradores" freireanos. Percebemos aqui, portanto, uma confluência entre as idéias de Bernstein e as do educador brasileiro.

A crítica de Bernstein à prática educacional reside no seu descontentamento com a chamada "educação em profundidade" ou excessivamente especializada, que é muito comum nas melhores escolas inglesas, se bem que a expansão da "escola compreensiva", ocorrida na década de 70, é um dos exemplos de mudança de tendência a que se refere o próprio Bernstein. Nesse sistema especializado de ensino, uma criança, de 10 ou 11 anos, que desejasse (?) ser um cientista natural ou um matemático precisaria permanecer estudando, desde o início da escola secundária, quase exclusivamente ciências naturais e disciplinas correlatas. Bernstein e M. Young sugerem que essa educação especializada cria um sistema monolítico de autoridade servindo a funções elitistas, onde o mistério real do conhecimento é deixado para ser estudado nos últimos estágios da vida educacional, de tal forma que somente uns poucos privilegiados experimentarão o conhecimento real.

Críticas semelhantes às acima esboçadas deram origem a que se desenvolvessem novas perspectivas sociológicas, tais como, a fenomenologia, interacionismo, entre outras. Estas novas perspectivas começaram a se desenvolver quase simultaneamente com os movimentos estudantis do final da década de 60. Sociólogos começaram então a se preocupar com as implicações da "sociologia do conhecimento" na educação. Este novo movimento, que não é nada novo já que

críticas dessa espécie vêm desde meados do século passado (com Marx, por exemplo), começou com a fenomenologia social que trata da "construção intersubjetiva da realidade"; assim, segundo esta interpretação, quando o homem está "olhando" para o mundo (objetivo), ele interpreta esse mundo através de um "sistema de interpretação" (ou sistema de referência). Um dos axiomas centrais desta interpretação é que toda relação entre homem e sociedade é dialética, isto é, não apenas o homem está na sociedade, mas a sociedade está no homem. Ou, como afirmam Marx e Engels

*".. as imagens nebulosas no cérebro dos homens são sublimações necessárias do seu processo material de vida... desenvolvendo a sua produção material e o seu intercâmbio material. Os homens mudam, com esta sua realidade efetiva, também o seu pensamento e os produtos do seu pensamento. A consciência não determina a vida, mas a vida determina a consciência."*<sup>(11)</sup>

Outros importantes teóricos que também abordaram a questão da escola e a problemática do conhecimento e da cultura que são nela processados, foram Louis Althusser e Antonio Gramsci. Vou tratar de suas idéias mais extensamente devido ao impacto por elas provocado ao longo das duas últimas décadas.

Althusser<sup>(12)</sup>, ao tratar da reprodução do modo capitalista de produção, seguindo a conceituação e metodologia desenvolvidas por Marx, destaca a reprodução da força de trabalho, e dentro desta o desenvolvimento de qualificações diversificadas, que não seriam obtidas através da "aprendizagem na própria produção" mas, principalmente, através do "sistema educacional capitalista". Nele as crianças começariam a ser introduzidas no know-how técnico como também nas "regras de bom comportamento", isto é, "nas regras estabelecidas pela dominação de classe". Portanto, manifestam-se duas reproduções simultâneas: das habilidades técnicas e da "submissão à ideologia dominante". E, para isso, a escola, como também outras instituições do Estado como a Igreja e o Exército, seria um instrumento básico dessa reprodução. Assim, Althusser parte para discutir a

estrutura da sociedade em termos de infraestrutura (base econômica) e superestrutura (instâncias política e ideológica), e a função primordialmente repressiva do aparato de Estado, isto é, "a definição do Estado como estado de classe". Ele distingue o "poder de Estado" do "aparato de Estado" e, neste último elemento, ele fala de uma outra "realidade" que vai representar pelo conceito de "aparato ideológico de Estado" (AIE), distinto, mas, agindo conjuntamente com o "aparato repressivo de Estado" (o Governo, a Administração, o Exército, a Polícia, etc). Althusser lista alguns AIE: as diferentes igrejas, o sistema educacional, a família, etc. Ele afirma que é exatamente pelo exercício do poder de Estado por intermédio dos aparatos (repressivo e ideológico) de Estado que se assegura a "reprodução das relações de produção".<sup>(13)</sup>

Mais adiante, Althusser afirma que nas sociedades capitalistas maduras o AIE dominante é o "aparato ideológico educacional", que substitui o antigo AIE dominante do período pré-capitalista, a Igreja. Eis um outro trecho contundente de seu trabalho:

*"A escola recebe as crianças de todas as classes sociais, desde o jardim de infância, e então por vários anos - os anos em que a criança é mais "vulnerável", comprimida entre o aparato de Estado familiar e o aparato de Estado escolar - lhes inculca "saberes práticos" tomados da ideologia dominante (o idioma materno, a aritmética, a história, as ciências, a literatura) ou simplesmente a ideologia dominante em estado puro (a moral, a instrução cívica, a filosofia)..."*<sup>(14)</sup>

Assim, cada grupo ejetado do sistema escolar acaba sendo provido com a ideologia conveniente ao papel que deve cumprir na sociedade de classe, seja ele o "papel de explorado", o "papel de agente de exploração", o "agente de repressão" ou o "papel de ideólogo profissional". E mais: os mecanismos que produzem esses resultados estariam encobertos e dissimulados pela

"... ideologia que apresenta a escola como meio neutro, desprovido de ideologia..."<sup>(14)</sup>

Althusser em toda sua argumentação entende que os sujeitos que compõem o sistema escolar, professores e alunos, e os grupos sociais que dele se servem, pouco podem fazer para mudar a situação reinante. Esse seu posicionamento fica claro nesta próxima citação de outro trecho de seu ensaio:

*"Peço perdão aos professores que, em condições espantosas, tratam de voltar contra a ideologia, contra o sistema e contra as práticas nas quais estão imersos, as poucas armas que podem achar na história e no saber que "ensinam". São verdadeiros heróis. Mas eles são raros, e a maioria nem sequer suspeita do "trabalho" que o sistema os obriga a fazer... (eles) contribuem efetivamente - com sua dedicação - para manter e desenvolver uma representação ideológica da Escola que a converte em algo tão "natural", útil e indispensável e, inclusive, benéfica na opinião de nossos contemporâneos..."*<sup>(15)</sup>

É, sem dúvida, uma análise por demais amarga e que, aparentemente, não deixa muita saída para quem milita na escola.<sup>(16)</sup> Retornarei a ela mais adiante.

Antonio Gramsci<sup>(17)</sup>, que também estudou o papel do Estado nas sociedades capitalistas contemporâneas, chegou (nas décadas de 20 e 30) a algumas conclusões a que Althusser retornaria mais tarde. Gramsci entendia que o Estado não podia ser reduzido apenas ao aparato repressivo, mas, deveria incluir algumas instituições, que constituíam a "sociedade civil": a Igreja, a Escola, os sindicatos, etc. No que respeita a escola, Gramsci atacava o sistema de duas escolas: a profissional (destinada às classes instrumentais) e a acadêmica (destinada às classes dominantes e aos intelectuais). Propunha a "escola única inicial", com uma ampla base de cultura geral, humanista e formativa, que procuraria dosar equitativamente o trabalho manual com o trabalho intelectual. Gramsci descia a detalhes ao descrever essa escola unitária: ela deve ser pública, deve ter uma baixa relação aluno-professor, deve ter um prédio especializado,

*"... com vida coletiva diurna e noturna, liberta das atuais formas de disciplina hipócrita e mecânica..."*<sup>(18)</sup>

Gramsci dizia ainda que essa escola deveria ser "ativa", isto é, uma escola que, embora passasse por certo grau de conformismo dinâmico, deveria ter como meta transformar-se numa escola criadora, numa escola que levasse a uma maturidade intelectual que possibilitasse um rompimento com o isolamento que a escola tradicional apresenta com relação à vida real. Gramsci tinha em mente, enfim, uma escola que propiciasse

*"... o início de novas relações entre trabalho intelectual e trabalho industrial não apenas na escola, mas em toda a vida social..."*<sup>(19)</sup>

Ele introduz também o conceito de "princípio educativo", isto é,

*"... o conceito e o fato do trabalho (da atividade teórico-prática) é o princípio educativo imanente à escola elementar..."*<sup>(20)</sup>

Ele criticava também a divisão exagerada entre instrução e educação, adiantando que só se pode falar em educação recheada de um conteúdo instrucional concreto, que exija uma participação ativa do aluno e que esteja intrinsecamente ligada à vida dos alunos. Gramsci atacava também a concepção de escola profissional, afirmando que

*"... este novo tipo de escola aparece e é louvada como democrática, quando, na realidade, não só é destinada a perpetuar as diferenças sociais, como ainda a cristalizá-las em formas chinesas..."*<sup>(21)</sup>

Ele argumentava também que, ao lado do conjunto instrucional propriamente dito, esta escola ativa deveria formar hábitos e atitudes características do trabalho intelectual e que são estranhos àqueles que estão acostumados apenas aos do trabalho manual. Desta forma, ao mesmo tempo em que deixava claro seu ataque e crítica à concepção de educação e, portanto, de escola, inerente à estrutura da sociedade capitalista, Gramsci, ao contrário de Althusser, acreditava ser possível, e mesmo necessário, um trabalho pedagógico nessa escola visando a transformação do homem e da estrutura social que o domina e constrange. É uma análise relativamente otimista quando comparada com aquela apresentada por Althusser.

Para Gramsci a escola, e portanto, a educação, tinha um importante papel a desempenhar na transformação social.

E daí, é possível fazer uma escolha entre os referenciais teóricos de Althusser e Gramsci? Creio que ficou claro nos parágrafos precedentes que, para uma proposta educacional crítica, visando a transformação da estrutura social dominante, visando a uma educação emancipadora e, portanto, do interesse das classes majoritárias oprimidas, a resposta à pergunta acima seria: Gramsci. Tentarei justificar essa resposta, apelando também para a análise realizada por alguns educadores e pesquisadores militantes de uma educação radical.

Vou retomar as idéias de Althusser através do artigo crítico de Erben e Gleeson. Esses autores afirmam que, ao mesmo tempo que Althusser é bem sucedido na descrição da escola como agente preferencial de reprodução cultural (reprodução da produção e dos processos ideológicos), ele minimiza ou mesmo anula o papel que professores e alunos poderiam ter dentro dessa instituição, no sentido de reverter o vetor dominante ou pelo menos enfraquecer sua intensidade. Desta forma, estaria dando a entender que qualquer mudança radical no interior da escola estaria fora do referencial de mestres e alunos. Não concordando com essa posição, Erben e Gleeson deixam claro que

*"... Althusser desenha um modelo de homem como se este fosse uma marionete ou um idiota cultural completamente constrangido pelos agentes ou mecanismos do sistema... Althusser falha ao não considerar adequadamente as ambigüidades na produção, que influenciam as habilidades dos homens de tomar decisões em face da intimidação, medo e violência..."*<sup>(22)</sup>

Assim, para estes autores, Althusser parece não perceber a natureza dinâmica em que estão situados os personagens que compõem a cena escolar. E, quase ao final de seu artigo, apontam para o fato de que ele apenas descreve o que "já se sabe" sobre a escola como aparato ideológico, mas acrescenta muito pouco sobre como agir para colocar em movimento as condições que permitiriam a ocorrência de mudanças educacionais coerentes com a transformação social.

A interpretação dominante, entre esses pesquisadores, sobre os escritos de Althusser relacionados com a posição da escola face ao Estado, parece-me semelhante à exposta no parágrafo anterior. M. Young e G. Whitty chegam a lamentar que esse tipo de análise proposta por Althusser

*"... estimule uma forma infeliz de quietismo entre os professores socialistas que deveriam aguardar a situação "correta" para a luta revolucionária..."*<sup>(23)</sup>

Aqui no Brasil também encontramos severos críticos da análise desenvolvida por Louis Althusser. Por exemplo, Dermeval Saviani, num estudo recente, classifica as teorias educacionais em dois grupos: "teorias não críticas", onde ele situa as pedagogias "tradicional", "nova" e "tecnicista" e "teorias crítico-reprodutivistas", no qual ele situa a "teoria da escola enquanto aparelho ideológico de Estado" de Althusser. Saviani condena

*"... tanto o poder ilusório (que caracteriza as teorias não críticas) como a impotência (decorrente das teorias crítico-reprodutivistas)."*<sup>(24)</sup>

Em outro estudo dedicado à análise das diversas tendências pedagógicas em que estiveram envolvidos os educadores brasileiros das duas últimas décadas, José Carlos Libâneo argumenta que

*"Ao lado de contribuições altamente positivas, como a tomada de consciência da educação como ato político e da acentuação dos determinantes estruturais da escola, esse movimento difundiu um clima pessimista, colocando as relações escola-sociedade e a própria ação pedagógica num beco sem saída, pelo menos dentro das condições existentes. Por um período razoável de tempo, os educadores escolares permaneceram perplexos frente ao que se configurava como uma atividade profissional no vazio, já que qualquer atuação a nível de escola pública significava uma contribuição para o fortalecimento do poder das classes dominantes."*<sup>(25)</sup>

Esses e outros estudos de vários educadores brasileiros apontam, portanto, para uma avaliação negativa dos chamados crítico-reprodutivistas e buscam, segundo as palavras de Acacia Kuenzer,

*"... chegar a uma formulação teórica da educação que superasse o crítico-reprodutivismo."*(26)

Esse modo de visão, imputada a Althusser, é, às vezes, comparada com a visão apresentada por Ivan Illich; ambos apontam a escola como uma instituição privilegiada para servir como instrumento de controle social. Mas a comparação fica apenas nesse aspecto, já que enquanto Althusser coloca a escola como um aparato que reflete a situação dialética de um determinado estágio da sociedade, Illich identifica na própria escola a situação problemática, propondo, portanto, o simplista e individualista remédio da desescolarização como solução, deixando a nítida impressão de uma análise teórica idealista, não-dialética e a-histórica. H. Gintis descreve o trabalho de Illich

*"... como diversionista com relação às imensamente complexas tarefas políticas, organizacionais, intelectuais e pessoais de reconstrução revolucionária nas próximas décadas."*(27)

Aliás, embora reconheça em Illich qualidades de um intelectual que tem apontado os vícios e autoritarismos de diferentes instituições sociais contemporâneas (educação e medicina, por exemplo), a sua tese da "desescolarização da sociedade" está fora de lugar nos países sub-desenvolvidos que tem grande parte de sua população alijada de qualquer tipo de escolarização. A não ser que interpretemos sua proposta de "desescolarização" como metafórica, como crítica contundente à forma tradicional dominante do cenário escolar.<sup>(28)</sup> É claro que Illich também quer significar com sua proposta que a escola não é o único, nem o melhor lugar, para a educação das crianças e adultos. Vai isso como um atenuante à crítica acima esboçada.

Embora Althusser possa não acrescentar muito ao aspecto ideológico, já formulado por Marx mais de um século antes dele ter apresentado sua descrição, acredito que ele avança nesse seu ensaio uma compreensão mais aprofundada das relações entre infraestrutura e superestrutura, e nesta última o papel desempenhado pelas instâncias política e ideológica que desenvolvem funções complementares. Ele aprofunda também o papel dos aparatos de Estado e, algo não tratado explicitamente por Marx e Engels, o papel da escola como aparato ideológico

dominante (se bem que na "Ideologia Alemã" essa função pode ser inferida indiretamente). Assim, com esse seu ensaio Althusser delinea uma estrutura teórica mais rica que a esboçada por Gramsci, já que desce a detalhes não atingidos por este. No entanto, a riqueza do pensamento de Gramsci, sua postura dinâmica face à situação de educadores e educandos numa sociedade em busca de transformação, quando comparada com a de Althusser dá, às vezes, a impressão de que Gramsci pertence às décadas de 60 e 70, enquanto Althusser pertenceria às décadas de 20 e 30.

É necessário aqui, em função da forma de abordagem estabelecida nos parágrafos anteriores, esclarecer que a crítica à análise althusseriana acima esboçada está muito distante daquelas que, como salienta Moacir Gadotti, chegam a afirmar que a visão "crítico-reprodutivista" de Althusser e outros pensadores marxistas franceses<sup>(29)</sup> teria sido adotada "oficialmente" por governos latino-americanos recentes. Isto porque

*"É pelo menos estranho que os governos reacionários da América Latina tenham adotado a crítica marxista. Isso só pode ser aceito na medida em que se esvazia o pensamento desses sociólogos, dissociando sua crítica à escola capitalista de sua proposta de uma escola socialista."*<sup>(30)</sup>

Com o intuito de enfatizar o papel que a escola, provida de uma pedagogia comprometida com a transformação social, pode desempenhar em nossa sociedade, não é necessário, como fazem alguns dos autores mencionados, demolir, muitas vezes injustamente e erroneamente, teorias ou análises de pensadores que, apesar de tudo, também ajudam no desnudamento do sistema educacional dominante, como é o caso de Althusser e Illich, por exemplo.

No meu entender, Althusser e Gramsci exorcisam de vez a visão um tanto quanto idealista sobre o papel da educação e de seus conteúdos críticos; seus elementos de análise dão uma visão mais madura do papel da escola de forma complementar e ainda atacam, definitivamente, portanto, a idéia ingênua de que

seria possível transformar o sistema educacional a partir exclusivamente do seu interior, tratando-o como uma entidade autônoma face aos poderes repressivo e ideológico do estado. Por outro lado, uma interpretação pessimista, ou equivocada, de Althusser, deixa lugar para um imobilismo fatal para os educadores engajados na transformação social. Já, com base na proposta de Gramsci, são abertas perspectivas de atuação para o educador, vitais na transformação da sociedade, sem perder de vista as advertências de Althusser.

Apesar da aparência, para a grande maioria da população, de que o sistema educacional (brasileiro, por exemplo) é algo que tem um desenvolvimento "natural", e que o Estado estaria pouco ligando para o que nele acontece, de fato, a escola, em todos os níveis, tem recebido uma atenção muito especial do Estado que, não poucas vezes, faz uso do seu braço repressivo para fazer retornar ao "caminho correto" a orientação educacional que, por vezes, por ação clara dos agentes educacionais envolvidos (alunos e professores), teima em percorrer vias não previstas ou contra os interesses das classes dominantes. No caso brasileiro, basta lembrar o que ocorreu nos últimos anos de vigência do Estado extremamente autoritário que usou e abusou de todos os aparatos disponíveis, dando-se ao luxo de inventar alguns não previstos de forma explícita pelos teóricos, como o "aparato corruptivo de Estado". Assim, no sistema educacional brasileiro contemporâneo, as várias mudanças propostas por esse Estado, representadas pela legislação educacional pós-64, tanto no tocante à escola de 1º e de 2º grau, quanto à escola superior, têm conotações claramente políticas e de dominação e uma flagrante ausência de princípios pedagógicos que pudessem receber o carimbo de "neutros". Assim é que a Reforma Universitária, representada pela lei 5540/1968, e dispositivos regulamentares adicionais, acaba incorporando, como "medidas educacionais", vários instrumentos legais que partiram de organismos que estavam diretamente envolvidos com a repressão política, desencadeada no país contra os movimentos estudantis e de professores. A cassação de direitos de inúmeros professores universitários, a aplicação do decreto 477, a nomeação de reitores

confiáveis ao Estado, o boicote financeiro às atividades científicas criadoras, particularmente no setor de ciências humanas, entre outros, servem como exemplo da interferência direta do Estado nos "negócios da educação". No setor de 1º e 2º graus, foram várias as experiências educacionais interrompidas manu militari como, por exemplo, o caso dos Ginásios Vocacionais de São Paulo. No aspecto mais ideológico e sutil fica-se, como exemplo, com a iniciativa de instituição de cursos de curta duração para formação de professores (a chamada licenciatura curta) e a introdução de um "professor polivalente" formado nessas "faculdades" que aceitaram essas licenciaturas. Complementando essas medidas, sugeria-se a introdução da "Ciência Integrada" e dos "Estudos Sociais"<sup>(8)</sup>; o professor Duglas Monteiro denominava esse estranho pacote uma "verdadeira proposta de emburrecimento nacional".<sup>(31)</sup>

De um lado, estes breves exemplos podem servir para invalidar a tese de que todo trabalho crítico e de conscientização realizado no âmbito escolar é inútil, já que os professores que tentam desafiar o sistema seriam impotentes para conseguir qualquer coisa de mais concreto. Por outro lado, esses mesmos exemplos podem ser utilizados para corroborar as interpretações imobilistas; se considerarmos que todas essas violências cometidas e as resistências a elas interpostas significam pouco ganho palpável no sentido daquelas transformações sociais almejadas. É neste ponto, repetindo mais uma vez, que a análise de Gramsci é a alternativa estimuladora de ações educacionais transformadoras, em oposição à postura conformista decorrente de uma interpretação "quietista" de Althusser.

G. Mardle apresenta em seu artigo um estudo que vai nesta direção ao indicar que a

*"... mudança é mais que uma simples mudança econômica, ela é também uma mudança cultural e intelectual..."*<sup>(32)</sup>

Na verdade essa é uma das propostas-base da teoria gramsciana relacionada com a conceituação de intelectual orgânico. Isto é, uma etapa fundamental e imprescindível para a conquista da hegemonia pelo proletariado seria a constituição

de seu próprio corpo de intelectuais orgânicos. Mas para tanto, como afirma Gramsci,

*"Se se quiser criar uma nova camada de intelectuais, chegando às mais altas especializações, própria de um grupo social que tradicionalmente não desenvolveu as aptidões adequadas, será preciso superar dificuldades inauditas."*<sup>(33)</sup>

Desta forma, como salienta Mardle, ao mesmo tempo em que deve ocorrer a luta no "front" econômico, deve haver lutas nos "fronts" culturais e educacionais. Nestes últimos o papel a ser desempenhado pelo educador será realmente fundamental. Portanto, a análise propiciada por Gramsci abre perspectivas de trabalho cruciais no sistema educacional. Moacir Gadotti, partindo de pressupostos teóricos do pensador italiano, lembra que:

*"... Consciência de classe significa domínio da teoria revolucionária e esta nasce da assimilação crítica das posições mais avançadas da cultura burguesa e da sua conseqüente superação. Por isso o trabalhador precisa da escola e hoje, precisamente, da escola burguesa que lhe é negada. Daí o papel estratégico da escola, dos educadores e intelectuais nas sociedades em transição, papel determinante na construção da consciência da classe do trabalhador."*<sup>(34)</sup>

Assim, percebemos que a escola pode desempenhar um papel muito importante na luta pela transformação social, pela mudança social efetiva.

Para encerrar este contraponto entre as idéias de Gramsci e as de Althusser, cito um pequeno trecho de um livro de Maria-Antonietta Macchicchi sobre Gramsci:

*"Para Gramsci o conceito de hegemonia da classe proletária pode colocar-se não apenas para o futuro estado socialista, mas também para o atual, hic et nunc, contra a hegemonia burguesa, para quebrar seu poder, enquanto que Althusser postula implicitamente o caráter "estatal" de qualquer ação ideológica eficaz; a*

*conquista do poder torna-se assim uma premissa necessária à organização do consenso por meio dos AIE, como do partido político."*<sup>(35)</sup>

Deste modo, respondendo à questão "Gramsci ou Althusser?", fico com a posição otimista de Gramsci que permite que "arregacemos as mangas". Aliás, num estudo sobre educação e cultura em Moçambique, L. Gasperine afirma preferir a análise de Gramsci à de L. Althusser ou de Bourdieu-Passeron, uma vez que a obra de Gramsci, acrescenta a autora, fornece instrumentos conceituais que são úteis ao se considerar as características culturais envolvidas na reprodução e na transformação do poder.<sup>(36)</sup>

Como disse Paulo Freire,

*"É preciso fazer o possível hoje, para que possamos fazer amanhã o que é impossível fazer hoje."*<sup>(37)</sup>

Aliás, Paulo Freire tem agora, na Secretaria da Educação da cidade de São Paulo, uma oportunidade de enfrentar esse desafio educacional, vinte e cinco anos após sua expulsão do país pelo golpe de 1964.

Em 1976, quando estava lecionando a disciplina Instrumentação para o Ensino de Física, obrigatória para os licenciandos em Física da Universidade de São Paulo, resolvemos introduzir algumas das idéias de Paulo Freire.<sup>(38)</sup> Seus livros haviam sido recém lançados no mercado, após muitos anos de proibição. O impacto provocado pela leitura de seus textos era às vezes até dramático. Esquecíamos muitas vezes que estávamos em aula e formávamos uma espécie peculiar de "círculo de cultura". Numa dessas sessões, quando estava apresentando de forma abreviada a proposta do "método de Paulo Freire", as suas várias fases até chegar à matriz silábica, quando estávamos rindo de como deveria se sentir um adulto aprendendo a ler pelo método tradicional a frase "Ivo viu a uva"; um dos alunos perguntou

provocativamente até que ponto a expressão da segunda lei de Newton, "força igual a massa vezes a aceleração", não era processada na escola de forma idêntica a "Ivo viu a uva"?

Esse tipo de questionamento tem muito a ver com as idéias que apresentei e discuti ao longo deste capítulo. O conteúdo e a forma do ensino de física no 2º grau estão longe de qualquer proposta de transformação social ou de uma educação libertadora. Sem dúvida

*"... trata-se certamente de uma educação rígida e estreita, mais do que qualquer outra, provavelmente com a possível exceção da teologia ortodoxa..."*<sup>(39)</sup>

E aqui surgem inúmeras questões relacionadas com o ensino da física no 2º grau. Não deveria ser apresentado, nesse nível de ensino, um conteúdo de física mais próximo da realidade que cerca a grande maioria dos alunos? Não deveriam ser apresentados os últimos avanços conseguidos pela física contemporânea? Seria possível apresentar uma visão simples das teorias da relatividade ou dos quanta? Até que ponto a apresentação da física contemporânea pode ser mais importante do que o ensino da física clássica? E o papel da história da física? Essas e outras questões, estreitamente relacionadas com o conteúdo de física, devem ser respondidas se quisermos ter um ensino que não seja um mero preparatório para o ensino universitário, isto é, um ensino que atende apenas os interesses de uma minoria de privilegiados que alcança o ensino superior. Pode-se afirmar que o que passa por conhecimento em física na escola de 2º grau nada mais é que uma simplificação grosseira da física básica clássica das disciplinas introdutórias dos cursos universitários. É um ensino que pretende ser enciclopédico, pouco profundo, que deixa pouco espaço para a criatividade, livresco por excelência, a-histórico, como já disse acima, limitado, pois, fica-se apenas com a visão oferecida pela física desenvolvida entre os séculos XVII e XIX, ignorando as raízes que vêm dos gregos e as revoluções do século vinte. Eis um breve depoimento de Einstein, que é muito atual:

*"... como estudantes, éramos obrigados a acumular essas noções em nossas mentes para os exames. Esse tipo de coerção tinha (para mim) um efeito frustrante. Depois de ter sido aprovado nos exames finais, passei um ano inteiro durante o qual qualquer consideração sobre problemas científicos me era extremamente desagradável. Porém, devo dizer que na Suíça essa coerção era bem mais branda que em outros países, onde a verdadeira criação científica é completamente sufocada... Na verdade, é quase um milagre que os métodos modernos de instrução não tenham exterminado completamente a sagrada sede do saber, pois essa planta frágil da curiosidade científica necessita, além de estímulo, especialmente de liberdade; sem ela, fenece e morre. É um grave erro supor que a satisfação de observar e pesquisar pode ser promovida por meio da coerção e da noção do dever."*<sup>(40)</sup>

Essa crítica mordaz de Einstein está voltada para os cursos que ele fazia na universidade, mas podem muito bem ser dirigidas para a quase totalidade das experiências educacionais, particularmente a da educação de crianças e adolescentes. É o ensino autoritário, fechado no sentido que lhe dá Bernstein, como vimos no início deste capítulo. Aliás, o próprio Gramsci não concordaria muito com a última frase da citação de Einstein já que o filósofo italiano insistia, nos seus estudos sobre a escola, no papel da disciplina necessária para a consecução de um trabalho intelectual, disciplina esta que em certa medida exigia também uma certa dose de coerção. Mas estes pontos não são centrais para o debate aqui proposto. Estes breves parágrafos têm como finalidade apontar deficiências na escola tradicional relacionadas tanto com a temática quanto com o procedimento metodológico e pedagógico adotados. É nesta mesma direção que podemos alinhar as palavras de Ernst Hamburger:

*"... O ensino da física em todos os níveis sofre uma forte influência por parte do sistema de títulos outorgados em cada nível... os estudos finalizam com um exame, de maneira que o exame chega a ser o objetivo principal para os estudantes. Ao mesmo tempo, os livros didáticos são projetados tendo como alvo os exames... Frequentemente a atividade principal do curso consiste em se ensinar a resolver*

*problemas. A tendência é fazer do ensino algo dogmático, a discussão crítica das teorias não oferece muito interesse, a questão se resume em aprender a dar a resposta "verdadeira" a perguntas e problemas semelhantes aos que figuram nos exames. Estes métodos são muito eficientes se o objetivo do curso consiste na aprovação nos exames, porém é muito difícil encontrar alguma outra utilidade para estas atividades.*"<sup>(41)</sup>

Assim, vemos que mesmo que fosse atingida satisfatoriamente a doutrina da "igualdade de oportunidades" a escola tradicional, acadêmica, não poderia ser entendida como o protótipo da "escola unitária", como preconizada por Gramsci.

Aliás, fazendo um breve parêntese, é bom lembrar que essa propalada igualdade de oportunidades não é uma realidade. Luiz Antonio Cunha, baseado em dados de Aparecida Joly Gouveia, aponta para a falácia contida nas afirmações de que houve uma democratização no acesso à educação, isto é, de que a participação da população de baixa renda no sistema escolar estaria espelhando a estratificação social reinante. Ele afirma que Aparecida Joly Gouveia

*"... comenta a proposição de que a expansão do ensino médio no Estado de São Paulo apresenta as mais elevadas taxas do país, tenha aumentado substancialmente o número relativo de estudantes de origem operária. Argumenta ela que essa expansão foi empreendida principalmente pelo setor público e de acordo com mecanismos de barganha política entre o estado e as camadas médias das pequenas cidades do interior. Por essa razão, o aumento vertiginoso das matrículas no ensino médio não tem favorecido a escolarização dos filhos dos trabalhadores, no interior e na área metropolitana.*"<sup>(42)</sup>

Pode-se contra argumentar dizendo que os dados em que Luiz A. Cunha se baseia referem-se ao período anterior à grande expansão ocorrida durante a década de 70. Porém, mesmo que os dados mais recentes revelassem que a classe operária está melhor representada nas estatísticas educacionais, ainda assim ela

estaria numa posição tal que confirmaria o fato de que "a qualidade do ensino depende da classe social a que os alunos pertencem"<sup>(42)</sup>, isto é, as classes sociais dominantes e a classe-média poderiam dispor de uma educação fornecida por "boas escolas" (particulares), enquanto que o restante da população teria de se contentar com as piores escolas (públicas). Ou seja, um possível aumento da taxa de escolarização de crianças da classe operária se deu paralelamente com a degradação qualitativa da escola pública ocorrida a partir da década de 70.

Deste modo, a campanha em "defesa do ensino público e gratuito" deve significar não apenas a garantia do direito de vaga para todas as crianças em idade escolar, mas também uma recuperação do seu nível a um padrão razoável, por exemplo, ao nível em que as "boas" escolas públicas atingiam na década de 50. Isso significa que essas escolas devem ter sua infraestrutura adequada e, condição "sine qua non", os professores têm que ter seus salários revalorizados. Afim, essa escola pública poderá estar em condições de dar lugar à sua transformação numa escola unitária, como preconizada por A. Gramsci.

Desta forma, com a escola pública assim "recuperada" podemos redefini-la como escola onde se processaria a "educação popular". Eu me lembro que há cerca de doze anos, quando participava de um grupo que estava interessado em educação popular, entendíamos como educação popular aquela dirigida para a classe operária e oferecida em escolas alternativas, ligadas a sindicatos, igrejas, ou tentativas isoladas que ocorriam em diferentes lugares. Não nos passava pela cabeça em entender como educação popular aquela educação oferecida pela escola pública. Interessava-nos intervir numa escola que tivesse um comprometimento com a emancipação, uma escola que participasse estreitamente do processo de conscientização das camadas populares, uma escola que fosse um instrumento de resistência cultural e política. Dessa forma não podíamos vislumbrar a escola pública como um palco para essa tarefa de emancipação. Vanilda Paiva resume em poucas palavras, o que na época não tínhamos condições de externar, uma das razões de termos optado naquelas nossas discussões por esse posicionamento:

*"... se vemos o Estado como um instrumento nas mãos das classes dominantes, que atua de maneira a assegurar a reprodução das relações de produção e*

de exploração, e que se define a educação popular como somente aquela que está voltada para os interesses últimos das classes a que se destina, parece conseqüente considerar que somente estas classes podem realizar sua educação - eventualmente com a ajuda de alguns "intelectuais orgânicos" - e que ao Estado não cabe nenhum papel, a não ser o de perturbar, ou mesmo evitar a educação popular. (43)

Como nosso interesse estava ligado com a educação científica (física, essencialmente), tínhamos sérias dificuldades em encontrar um espaço adequado de atuação. Não é por acaso que dois dos colegas que participavam do grupo, que mencionei acima, acabaram fazendo a aplicação prática num contexto social mais propício: na Guiné-Bissau. Lá eles puderam usufruir de uma situação ímpar para um educador preocupado com uma educação para emancipação, com uma genuína educação popular. José André Angotti, um desses colegas, dá o seguinte depoimento:

*"... Em situação revolucionária porém, decorre necessariamente uma redefinição de objetivos sociais e políticos, acabando por incluir também a educação. Este é o privilégio do educador que vive o particular momento de redefinições. Pode atuar como educador no sentido mais amplo, participando das reformulações, levando suas contribuições e enriquecendo a sua experiência ao receber contribuições do meio onde intervém, com novas e inéditas possibilidades de aprendizagem, que só esta situação e momento proporcionam." (44)*

E nós, por aqui, como ficamos? Devemos insistir no purismo de apenas tentarmos uma prática de educação popular marginal ou esperar que uma situação revolucionária se estabeleça para que, então sim, possamos atuar livremente no sentido de não desvirtuarmos o que deve ser entendido por uma educação popular genuína, uma educação que trilhe o caminho da transformação social? Fica claro da análise deste capítulo que a resposta aponta na intervenção no sistema escolar que atinge a quase totalidade das crianças das classes populares, a escola pública

oficial. Essas escolas estão aí e não podem ser ignoradas. Carlos Rodrigues Brandão afirma que devemos investigar

*"... de que modo o saber adquirido através das instituições oficiais pode servir ao próprio povo e aos seus projetos de vida e trabalho, inclusive o trabalho político de libertação que, todos nós concordamos, é o horizonte e o sentido da educação popular de que se fala aqui." (45)*

Ou seja, é necessário empenhar-se com uma educação libertadora, com uma educação que seja levada a cabo inclusive, e principalmente, na escola pública. Como muito bem argumenta meu amigo Wojciech Kulesza, corroborando o que foi há pouco afirmado

*"... temos de considerar que a escola pública, com todas as suas deficiências, principalmente no primeiro e segundo graus, é aquela que tem possibilidades de se organizar autonomamente em função dos interesses da comunidade; é a única que permite a formação de uma comissão composta não só de alunos e educadores mas de representantes da comunidade." (46)*

É nesse contexto que devem ser entendidas as críticas às várias disciplinas que compõem os currículos das escolas. Como já havia afirmado, não se pode continuar a ter um ensino propedêutico de física, incompleto, desatualizado, desligado da realidade vivencial, que não chega às fronteiras do conhecimento. É aqui que se concentram alguns dos sérios desafios postos no caminho da construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social. Enfim, de uma educação humanista no sentido definido por Gramsci.

Neste ponto, sem pretender me estender longamente sobre este tópico, que ainda será abordado nos capítulos seguintes, não posso deixar de comentar brevemente o aspecto "conteúdo", presente atualmente de forma marcante em algumas abordagens educacionais, particularmente na autodenominada "pedagogia dos conteúdos", a "conteudista". (47) Disse acima que temos que atuar na escola pública visando uma educação humanista a serviço da

necessária transformação social. Isto significa que o "saber escolar" tem que ser problematizado ou, como diz Georges Snyders,

*"renovar a escola a partir de uma transformação dos conteúdos culturais",*  
ou melhor ainda,

*"... trata-se então, na verdade, de desorganizar a escola, a partir de novos conteúdos."*<sup>(48)</sup>

Snyders, em seu livro, "Alegria na escola", trabalha sobre dois conceitos de cultura: cultura primeira e cultura elaborada.<sup>(49)</sup> A primeira corresponderia àquela que nasce como decorrência da "experiência direta com a vida", enquanto

*"... a cultura elaborada se dirige a todos - e isto tanto para as artes, as letras, as idéias políticas quanto para as Ciências: Mozart vale para todos, até, e, sobretudo, para os operários especializados, que não o provaram (ainda) como a matemática vale para todos, inclusive para multidão daqueles que não a compreendem. A afirmação que nossa sociedade é lugar de luta de classe vale para todos, inclusive para aqueles que não querem, e que não podem reconhecê-lo. Sustento que as maiores obras se impõem, mantêm-se vivas não só além das situações políticas e sociais que p... tiram seu nascimento mas também além das barreiras de classe: a classe do autor, a classe do seu público, do público ao qual, a princípio, elas eram destinadas.*

*"A poesia é como a paz e todos deviam tomar parte nela."* (Neruda)<sup>(50)</sup>

O educador francês entende que esta cultura elaborada completa a "satisfação cultural" para a qual tende a cultura primeira, num processo de continuidade e ruptura, num processo dialético do desvelamento cultural, onde "nenhum dos elementos anula, engole o outro". E aqui o autor se aproxima e mesmo utiliza de uma conceituação de continuidade e ruptura presente em Gaston Bachelard, temática que deixo para ser abordada mais adiante nos terceiro e quarto capítulos.

A problematização dos conteúdos, presente na obra de Snyders vai muito além do uso simplista e tradicional dos conteúdos escolares por alguns

defensores da "pedagogia dos conteúdos", como Libâneo que, em várias passagens de seu livro citado anteriormente, utiliza termos como "domínio da matéria", "conteúdo científico das matérias", "saber universal", "matérias de estudo", "educação dos ricos", sem em nenhum momento atingir a idéia de conteúdos visando a continuidade/ruptura, propugnada por Snyders, várias vezes citado no livro de Libâneo.

Acredito que, embora Snyders não cite Paulo Freire em sua obra, há muita proximidade teórica entre a abordagem do educador francês e a forma de organizar os "temas geradores" freireanos, que nascem da vivência dos educandos (cultura primeira) e voltam decodificados para eles mediatizados pelo "saber crítico/humanista/histórico" do educador (cultura elaborada).

Encontra-se registrado em alguns trabalhos recentes o temor de que a "aproximação" entre o conteúdo escolar e o cotidiano vivencial dos alunos seja algo perigoso educacionalmente. A defesa que faço dessa proximidade entre o saber elaborado, escolhido com as ressalvas e cuidados já apontados anteriormente, e o saber popular, enquadra-se nas categorias preconizadas por Snyders e por P. Freire, por exemplo. Não concordo com a afirmação de que

*"O elogio da continuidade com o dia-a-dia, juntamente com a elisão das mais legítimas dimensões das rupturas com a prática imediata, constituem-se em visões parciais das funções do ensino. Através delas não se pode pretender senão a reprodução do status quo ou a cristalização das noções do senso comum."*<sup>(51)</sup>

Nílson Machado, o autor dessa citação, teme que essa fuga da ruptura, no sentido de distanciamento do chamado senso comum ou conhecimento do cotidiano, afaste do currículo escolar aqueles temas que, embora em determinados momentos históricos pareçam desprovidos de "sentido prático", noutros ganham esse sentido. E cita o exemplo dos logaritmos. Creio que o autor exagera na sua defesa do conteúdo escolar em separação pura com o cotidiano, pois a ênfase da escola contemporânea é a defesa do ensino de conteúdos por razões meramente propedêuticas, e mais importante ainda, é falho esse ensino na apresentação conceitual mais rica, permanecendo ao nível do mais pobre formalismo. Não é por ligar com o dia-a-dia que a matemática, a física, ou outra

qualquer disciplina curricular, ficariam reduzidas ao nível do senso comum. Não encontro justificativa para esse procedimento nem em P. Freire, nem em G. Snyders, este último muitas vezes citado como conteudista normal pelos defensores dessa separação entre o escolar e o cotidiano. Ruptura, sim, mas com a continuidade que permitirá ou, pelo menos, possibilitará a "satisfação cultural".

*"Como incitar o conjunto dos alunos a encontrar satisfação cultural nas obras, que evidentemente, impõem-se por seu caráter completo, mas que ora lhes aparecem como desprovidas da ligação real com seus problemas próprios, com os questionamentos de sua época..."*

*"Escolho; na realidade esforço-me para unir o cultural à luta de classes."* (52)

Nessa mesma direção caminha um autor soviético contemporâneo quando afirma que

*"É importante que se utilize mais plena e conseqüentemente as grandes potencialidades encerradas no conteúdo das disciplinas de Ciências Naturais e Matemáticas para a educação ideológica e política dos alunos. É preciso ampliar a prática das formas ativas de ensino, aproximar mais as aulas da vida quotidiana."* (53)

Nesta perspectiva considero descabida também a crítica contida no trabalho de Libâneo quando, de forma um tanto irônica, comenta o que ele entende ser a prática de professores adeptos da chamada "pedagogia libertadora", utilizando frase como:

*"A formação de idéias provém do "sentir" as vivências, portanto, a experiência existencial é a fonte do conhecimento.(...) Não havendo conteúdos sistematizados a transmitir, não existem professores que ensinem. Antes, eles mesmo aprendem com o povo, portador do verdadeiro saber. São, assim, abolidas as aulas expositivas, as técnicas didáticas usuais (com exceção do trabalho em grupo), as relações tradicionais entre professor-aluno."* (54)

Em primeiro lugar deve-se alertar que, fazendo referência a um exemplo de uma "pedagogia libertadora", os escritos de Paulo Freire remetem

muito mais a uma filosofia de educação; a uma compreensão da educação como instrumento revolucionário ou, pelo menos, como instrumento de transformação social a serviço dos interesses dos trabalhadores e da maioria da população; a uma postura educador-educando que busca estabelecer a prática dialogal na sala de aula; a valorização da cultura popular ausente das formalidades educacionais dominantes; a uma crítica à concepção de educação bancária que valoriza os conteúdos recheados, quase sempre, por

*"... idéias que são simplesmente recebidas pela mente sem que sejam utilizadas ou testadas ou mergulhadas em novas combinações. A educação com idéias inertes não é só inútil; é, acima de tudo, nociva."* (55)

Em segundo lugar, há leitores e leitoras dos textos educacionais. Há práticas daí decorrentes que muitas vezes podem se chocar com os ditames maiores das obras em que aparentemente pretenderam estar inspiradas. É, portanto, possível encontrar práticas pedagógicas que possam se enquadrar no tipo de crítica formulada por Libâneo, apenas para tomá-lo como exemplo. Não é possível generalizar-se daí para toda a prática pedagógica freireiana ou que de alguma forma nela se inspira.

Os desafios, as interpretações, os caminhos a percorrer, as teorias pedagógicas a melhorar, os conteúdos que precisam ser modificados, a formação do professor, o salário do professor... São muitos os desafios.

Alguns desses desafios estão diretamente relacionados com o conteúdo e a metodologia característicos da física, isto é, com a evolução histórica dos conceitos físicos e processos de investigação. É preciso "datar" a física, mostrar que ela tem sua história vinculada ao desenvolvimento social, influenciada e influenciando a transformação social. É preciso que a chamada "física escolar" dê uma visão a mais viva possível da física enquanto parte integrante de uma cultura que precisa ser dominada para poder ser transformada em instrumento de compreensão e intervenção na realidade que está aí. É preciso, enfim, problematizar o conteúdo de física presente no 2º grau, bem como a

problematização do conteúdo dos cursos de formação do professor. Pretendo fazer isso na seqüência deste trabalho, tendo a discussão educacional presente neste capítulo como profissão de fé pedagógica.

#### Notas e referências

1. Afirmação de um camponês num diálogo com Paulo Freire. In: Freire, Paulo. Ação cultural para a liberdade. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1976, pág. 20.
2. Ferreira, Aurélio B. de H. Pequeno dicionário brasileiro da língua portuguesa. Cia. Ed. Nacional, 11<sup>a</sup> edição, pág. 433.
3. Esses conceitos de Paulo Freire estão em vários de seus livros, particularmente em: Pedagogia do Oprimido. Ed. Paz e Terra, 1975.
4. Bernstein, B. On the classification and framing of educational knowledge. In: Young, M. F. D. (ed.) Knowledge and Control, Collier-Macmillan Publ., London, 1971, pág. 47.
5. Young, M. F. D. An approach to the study of curricula as socially organized knowledge. In: ref. 4, págs. 24/25.
6. Bernstein também relaciona estes dois tipos de solidariedade com os códigos sócio-lingüísticos utilizados na comunicação entre os indivíduos de diferentes estratos sociais. As pesquisas desenvolvidas por Bernstein levaram-no a distinguir dois códigos de linguagem: o código elaborado e o código restrito. O código elaborado é a linguagem da comunicação formal na sociedade; é um código que apresenta as seguintes características principais: predominância de frases longas e gramática complexa, rica em significados abstratos, isto é, uma linguagem livre do contexto, de tal modo que Bernstein a denominou "universalista"; esta seria a linguagem associada à solidariedade orgânica. Por outro lado, o código restrito seria a linguagem de "grupo de pessoas participantes", é a linguagem da comunicação informal, caracterizada por frases bem curtas e gramaticalmente simples, e, é uma linguagem ligada ao contexto, de tal forma que recebeu o nome de "particularista". Esta seria a linguagem preferencialmente associada à solidariedade mecânica. Bernstein sugere que um desses códigos não é "melhor" que o outro, porém, as crianças da classe operária, que fazem uso com maior freqüência do código restrito, estão novamente em desvantagem uma vez que o

código elaborado, código no qual a classe média se expressa com maior frequência, é o código de linguagem do professor, da escola, de tal forma que as crianças da classe média, para não falar das da classe dominante, mais uma vez, se "sentirão em casa" na escola. Um ponto a ser ressaltado é que se assume que todas as crianças chegam à escola com uma certa coleção de habilidades (determinadas pela classe dominante e repassadas pela classe média) e iniciam a educação escolar a partir delas, daí a desvantagem para as crianças da classe operária, como foi destacado acima. Bernstein, B. *Class, codes and control*. Paladin, London, 1973, págs. 193/226.

7. Bernstein, B. *Open Schools, open society*. New Society, 14 Sept 1967, London, págs. 351/353. Reimpresso em *The Open University* (eds.). *School and society*. Routledge and Kegan Paul, London, 1971, págs. 166/169.
8. Neste ponto é preciso chamar a atenção de que o conceito de ciência integrada, da forma como aparece definido nos artigos de Bernstein, não apresenta nenhuma similaridade com o conceito de ciência integrada, incorporado à recente legislação educacional brasileira, referente ao ensino de ciências nas escolas de 1º e 2º graus. Esse conceito "brasileiro" de ciência integrada aparece na resolução 30/1974, do Conselho Federal de Educação, que aborda a formação de professor procurando implementar a lei 5692/71. Na verdade o que se propõe é uma fusão ou combinação das várias ciências naturais, numa forma totalmente a-histórica e com uma metodologia incerta e confusa, numa única disciplina batizada de ciência integrada; o mesmo ocorreu com as ciências humanas que foram amalgamadas numa disciplina de "estudos sociais". É claro que essa proposta não poderia ter recebido, por parte das sociedades científicas, associações de professores e universidades públicas, outro tratamento diferente do que recebeu: firme e franca oposição. Hoje a legislação que trata especificamente dessa matéria está suspensa e o assunto alvo de debates a nível nacional.
9. Delizacov, Demetrio. *Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal*. Dissertação de Mestrado, FEUSP/IFUSP, São Paulo, 1982.
10. Angotti, José André P. *Solução alternativa para a formação de professores de*

ciência; um projeto educacional desenvolvido na Guiné Bissau. Dissertação de mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1982.

11. Marx, K. e Engels, F. *A ideologia alemã*. In: Fernandes, F., (org.), *Marx-Engels*, Ed. Atica, São Paulo, 1983, pág. 193.
12. Althusser, L. *Ideology and ideological state apparatuses (notes towards an investigation)*. In: Althusser, L., *Lenin and philosophy and other essays*, NLB, London, 1971, págs. 121/173. (original francês).
13. Althusser, L. Ref. 12, págs. 141/142.
14. Althusser, L. Ref. 12, págs. 147/148.
15. Althusser, L. Ref. 12, pág. 148.
16. Em 1973, em Londres, participei de um seminário informal que tinha por foco o ensaio de Althusser que ganhava grande repercussão entre os educadores. Éramos todos latino-americanos, alguns com programa de trabalho ligado à área educacional. A leitura desse artigo de Althusser, lembro-me bem, provocava duas espécies de sensações e reflexões simultâneas. Se, por um lado, concordávamos com sua análise que atribuía a característica de "aparato ideológico de Estado" à escola, por outro lado, pelo menos nesse primeiro momento, dava-nos a sensação de que nosso trabalho educacional junto à escola pública era quase um esforço inútil. Ao mesmo tempo, o primeiro lado dessa moeda pedagógica, desvelada por Althusser, ganhava um reforço considerável quando pensávamos que na América Latina, dominavam o cenário político governos como os de Médice, no Brasil, e Pinochet, no Chile. Tudo isso dava-nos uma enorme angústia. Nesse ambiente sócio-político-econômico era razoável aceitar as premissas e as conclusões oferecidas pelo ensaio de Louis Althusser.
17. Gramsci, A. *Os intelectuais e a organização da cultura*. Ed. Civ. Brasil, 2ª edição, Rio de Janeiro, 1978, págs. 115/139.
18. Gramsci, A. Ref. 17, pág. 123.
19. Gramsci, A. Ref. 17, pág. 125.
20. Gramsci, A. Ref. 17, pág. 130.
21. Gramsci, A. Ref. 17, pág. 136.
22. Erben, M. e Gleeson, D. *A critical examination of some aspects of the work of*

- Louis Althusser. In: Young, M. e Whitty, G., *Society, State and Schooling*. The Falmer Press, London, 1977, pág. 83.
23. Young, M. F. D. e Whitty, G. Locating the problem: introduction. In: idem ref. 22, pág. 20.
24. Saviani, Dermeval. *Escola e democracia*. Cortez/Autores Associados, São Paulo, 1983, pág. 35.
25. Libâneo, José Carlos. *Democratização da escola pública - a pedagogia crítico-social dos conteúdos*. Edições Loyola, São Paulo, 1985, pág. 61.
26. Kuenzer, Acacia. *Ensino de 2º grau. O trabalho como princípio educativo*. Cortez Editora, São Paulo, 1988, pág. 50.
27. Gintis, H. Towards a political economy of education: a radical critique of Ivan Illich's deschooling society. *Harvard Educ. Rev.*, 42(1). Citado na ref. 22, pág. 23.
28. Numa entrevista, em Londres, P. Freire, respondendo a uma pergunta referente à afirmação de que a "desescolarização" estava na raiz de qualquer movimento de libertação humana, disse:
- "Nós temos que ir além de Illich. Ele trata as escolas como categorias metafísicas. As escolas não são categorias metafísicas. Elas existem num contexto histórico, de tal forma que não posso dizer se uma escola é boa ou má em si mesma. Ela depende da ideologia e do contexto."* *The Times Higher education supplement*, London, 13/07/73, pág. 14.
29. Gadotti menciona os sociólogos marxistas P. Bourdieu e J. C. Passeron ("A reprodução") e C. Baudelot e R. Establet ("L'école capitaliste en France") e o filósofo L. Althusser ("Ideologia e aparatos ideológicos de Estado").
30. Gadotti, Moacir. *Pensamento pedagógico brasileiro*. Editora Ática, São Paulo, 2ª edição, 1988, pág. 104.
31. Essas medidas "educacionais" sofreram forte resistência por parte das sociedades científicas e educacionais até que foram suspensas.
32. Mardle, G. *Power, tradition and change: educational implications of the thought of A. Gramsci*. In: Gleeson, D. (ed.), *Identity and structure*, Nafferton, Driffield, England, Nafferton Books, 1977, pág. 135.
33. Gramsci, A. Ref. 17, pág. 139.

34. Gadotti, M. *Concepção dialética da educação*. Cortez Edit., 2ª edição, São Paulo, 1983, pág. 63.
35. Macciocchi, M. A. *A favor de Gramsci*. Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1977, pág. 29.
36. Gasperini, Lavínia. *Direction culturelle, éducation et développement au Mozambique*. *Revue Tiers Monde*, tome XXV, janvier-mars 1984, págs. 189/204.
37. Palavras pronunciadas no "Simpósio sobre educação" na UNICAMP em maio de 1982.
38. Esta experiência foi realizada junto com Amélia Império Hamburger na disciplina "Instrumentação para o ensino de física", durante os anos de 1976 a 1978. Participou também, Diomar R. S. Bittencourt.
39. Kuhn, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975, pág. 208. Original inglês de 1962.
40. Einstein, A. *Notas autobiográficas*. Ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2ª edição, 1982, págs. 25/26.
41. Hamburger, E. W. *La física y las tendencias actuales de la enseñanza*. In: *Nuevas tendencias de la enseñanza de la física*, UNESCO, 1978.
42. Cunha, L. A. *Educação e desenvolvimento social no Brasil*. Liv. Francisco Alves Ed., Rio de Janeiro, 1975, pág. 163.
43. Paiva, Vanilda. *Estado e educação popular: recolocando o problema*. In: Brandão, C. R. (Org.), *A questão política da educação popular*, Ed. Brasiliense, São Paulo, 1980, pág. 80.
44. Angotti, J. A. P. Ref. 10, pág. 6.
45. Brandão, C. R. Livro citado na Ref. 43, pág. 14.
46. Kulesza, Wojciech. *Ensino público e gratuito: querela ou questão?* *Rev. Ens. de Física*, vol. 5, nº 1, junho/83, pág. 78.
47. Uma explicitação desta "pedagogia dos conteúdos" encontra-se no capítulo 3 do livro de José Carlos Libâneo. Ref. 25, págs. 57/82.
48. Snyders, Georges. *A alegria na escola*. Editora Manole, São Paulo, 1988, págs. 11 e 15.
49. Há uma ligeira semelhança destas culturas (primeira e elaborada), de Snyders,

com os dois códigos linguísticos (restrito e elaborado), que decorrem da análise de Bernstein. Ver nota 6.

50. Snyders, G. Ref. 48, pág. 58.
51. Machado, Nilson José. Matemática e língua materna: uma impregnação essencial. Tese de doutoramento, FEUSP, São Paulo, 1988, pág. 99.
52. Snyders, G. Ref. 48, págs. 77 e 79.
53. Ussanov, Vladimir. Reforma do ensino e aproveitamento eficaz do potencial educacional e ideológico do processo de estudo. In: Academia das Ciências da URSS. A ciência e a educação popular soviética. Ciências Sociais Contemporâneas, Moscou, 1987, pág. 117.
54. Libâneo, José Carlos. Ref: 25, pág. 71.
55. Whitehead, A. N. Citado em: Menezes, Luis Carlos. Crise, Cosmos, Vida Humana. Tese de livre-docência, IFUSP, São Paulo, 1988, pág. 167.

### Capítulo 3

#### PRESSUPOSTOS FILOSÓFICOS E O ENSINO DE FÍSICA

*"Pretendo falar do Universo Físico, Metafísico e Matemático, do Material e do Espiritual: de sua Essência, sua Origem, sua Criação, sua Condição presente e seu Destino. Serei audaz a ponto de discutir..."*

(Edgar Allan Poe, 1847)<sup>(1)</sup>

Início agora a abordagem de tópicos relativos ao ensino/aprendizagem de física que vão além da forma clássica que situa esta área do conhecimento nos polos restritos do formalismo matemático das teorias, de um lado, e da observação/experimentação de seus conceitos e leis, do outro. Vou tratar de aspectos filosóficos, históricos e culturais, neste e nos próximos dois capítulos.

Do capítulo anterior, deve ter ficado clara a necessidade de se repensar o conteúdo do que se entende por conhecimento na escola. Agora, ao se considerar o ensino da física, ou das ciências da natureza de uma maneira geral, há que se cuidar de aspectos na maior parte das vezes omitidos pelas análises. A filosofia das ciências naturais, a metodologia empregada em diferentes circunstâncias históricas, a relação entre o desenvolvimento da matemática e o correspondente desenvolvimento científico, são alguns destes aspectos.

Este assunto torna-se mais vital quando se nota que, ao comparecer no ensino, a discussão sobre o "método científico" acaba se resumindo numa visão positivista extremamente ingênua, para se dizer o menos, e portanto, danosa à aprendizagem de ciências. Essa visão, na maioria das vezes, se resume em afirmar que os cientistas observam e descrevem fatos empíricos, para a seguir organizá-los

de tal forma a facilitar a transposição dos mesmos para uma linguagem matemática auto-consistente. Neste capítulo, um breve esboço da filosofia das ciências contemporânea servirá, assim espero, para desmistificar a crença num método científico único, fechado e imutável. Este tema é básico tanto na educação geral de toda a população, quanto na educação profissional de cientistas. A excessiva ênfase na aplicação de fórmulas na solução de exercícios, como base para a aprendizagem de física<sup>(2)</sup>, leva-me a compará-la com a "unidimensionalidade" cultural acentuada por Marcuse ao criticar o raquitismo intelectual que domina a sociedade industrial avançada.<sup>(3)</sup>

No ensino/aprendizagem de física no segundo grau estes temas são básicos já que, ao lado dos conteúdos específicos a serem apresentados e discutidos em sala de aula, é necessário oferecer-se um panorama metodológico paralelo ao desenvolvimento do conteúdo. Por que? Porque não basta, para uma compreensão mais completa da física enquanto um ramo estruturado e em evolução, ater-se simplesmente à enunciação de pequenos resumos de teorias e sua aplicação na solução daqueles problemas "clássicos". É necessário também passar-se a idéia da evolução dessas teorias ou, pelo menos, algumas indicações de como deve ter sido realizada sua construção. A parte formativa, tanto no tocante ao domínio da linguagem e formalismos matemáticos básicos, quanto aos aspectos experimentais da física, fica incompleta sem um embasamento filosófico adequado, adaptado, é claro, ao nível de abstração e entendimento compatíveis com a faixa etária dos adolescentes que freqüentam o segundo grau. Isso não significa de forma alguma que essa discussão metodológica e epistemológica deva se realizar de uma maneira vulgar e/ou artificial. Temos que organizar e implementar as experiências educacionais de tal forma que elas sejam significantes para a totalidade desses adolescentes. Certamente uma física que envolva as emoções, as idas e vindas das grandes idéias geradoras presentes nos problemas cruciais, o uso do discurso racional, o papel do discurso e conceituações tidos por mágicos, as idéias fantásticas dos pensadores científicos que construíram as grandes teorias que já dominaram ou ainda dominam o cotidiano dos físicos, enfim, toda essa física é incomparavelmente mais viva que a física essencialmente formal, a-histórica, recheada de exercícios,

distante, quer de uma cultura popular, quer de uma cultura científica, parte integrante da vida inteligente contemporânea. "A física também é cultura" poderia ser uma possível bandeira para uma educação em física comprometida com a construção de uma sociedade voltada para o interesse e necessidade da maioria da população.

O debate tão atual em torno da "filosofia"<sup>(4)</sup> das ciências naturais, envolvendo principalmente os nomes de Karl R. Popper e Thomas S. Kuhn, quando referido mais explicitamente à física, mas passando também por Imre Lakatos e Paul Feyerabend, como também por Gaston Bachelard, pouco citado mas importantíssimo neste contexto<sup>(5)</sup>, coloca na berlinda o "que fazer" científico de forma apropriada tanto como base de crítica ao trabalho do pesquisador contemporâneo - afinal, o que é ser cientista hoje? - quanto como possibilidade de se repensar a física no contexto da totalidade da população. Depois da eclosão desse debate e de nele participar, o educador já não poderá se furtar em aplicar seu bisturi na massa de informação selecionada da cultura, guiado pelas prescrições que podem ser adotadas com base nessa ainda não resolvida polêmica filosófica. Já não poderá aceitar a definição ingênua e positivista do método científico tradicional, encontrada explícita ou implicitamente tanto nos textos didáticos quanto na prática educacional em física, nos cursos universitários e nas salas de aula do segundo grau. É necessário situar de modo diferente, mais dinâmico e ao mesmo tempo mais completo e rico, o papel da experimentação e da observação na construção das teorias científicas. É preciso recolocar o método indutivo nos seus limites e contextos apropriados. A concepção comumente propalada e até mesmo verossímil de que a observação e a experimentação, realizadas com o intuito de coletar e organizar dados do real, permitem a elaboração de hipóteses de trabalho que, após o confronto verificador com novas observações e experiências, levaria a um conhecimento verdadeiro ou às leis da natureza, precisa ser criticamente debatida.

Vou tratar disso neste capítulo vinculando esta discussão à problemática educacional já mencionada.

Quando se focaliza a filosofia das ciências naturais e, de forma mais específica, o processo de investigação científica, uma questão aparentemente ingênua poderia ser formulada da seguinte forma: será possível inventar um processo ou construir um sistema que ensinasse as pessoas a fazerem descobertas científicas? P. V. Kopnin chega a mencionar um escolasta medieval de nome Raymond Lulle que teria apresentado um projeto de uma "máquina lógica" que forneceria todas as verdades possíveis.<sup>(6)</sup>

Não estaremos exagerando muito afirmando que outros pensadores célebres como Francis Bacon e René Descartes de certa forma respondiam afirmativamente a uma tal questão quando apresentaram suas propostas de uma lógica da investigação científica.<sup>(7)</sup> Francis Bacon acabou tornando-se célebre pelo seu esforço de dotar a inteligência humana de um método seguro de estudo da natureza. Para tanto ele orientou-se pelo desenvolvimento das ciências naturais experimentais que, nessa época (séculos XVI e XVII), estavam obtendo triunfos espetaculares. Bacon procurou melhorar a chamada "indução por simples enumeração", cuja limitação é ilustrada por Bertrand Russell através da seguinte parábola:

*"Era uma vez um empregado do censo que tinha de anotar os nomes de todos os chefes de família de uma certa aldeia de Gales. O primeiro que ele interrogou se chamava William Williams; o mesmo aconteceu com o segundo, o terceiro e o quarto... Por fim, disse com os seus botões: "Isto é tedioso; todos eles se chamam, evidentemente, William Williams. Anotarei assim todos eles e tirarei uma folga". Mas estava equivocado; havia um cujo nome era John Jones. Isto mostra que podemos extraviar-nos, se confiarmos demasiado implicitamente na indução por simples enumeração.*<sup>(8)</sup>

Como afirma B. Russell, Bacon tentou melhorar a indução por simples enumeração incorporando tudo o que aprendeu de seu próprio trabalho como experimenter, por exemplo sua tentativa de estabelecer experimentalmente a natureza do calor, e dos sucessos da ciência de sua época.

Sinteticamente, os passos do método científico tradicional, que registram a tradição inaugurada por Bacon e que, com diferentes ênfases, esteve

presente no cenário científico do século XVII ao século XX, podem ser assim resumidos:

- i. o cientista principia fazendo observações e experimentos que lhe forneçam informações controladas e precisas;
- ii. essas informações são registradas sistematicamente e eventualmente divulgadas;
- iii. outros cientistas trabalhando na mesma área acumulam mais dados;
- iv. com o acúmulo de dados é possível uma certa ordenação dessas informações, permitindo que o cientista formule hipóteses gerais por meio de enunciados ajustados aos fatos conhecidos;
- v. passa-se a seguir à fase de confirmação ou verificação dessas hipóteses, procurando-se novos experimentos que evidenciem suas afirmações;
- vi. se essa busca de confirmação é bem sucedida, o cientista chega a uma lei científica que passa a ser aplicada em casos semelhantes, buscando-se, dessa forma, ampliar seu campo de aplicação;
- vii. com esse alargamento de aplicação do conhecimento assim obtido, novas leis ligadas a fenômenos semelhantes vão permitir que se construa toda uma teoria.<sup>(9)</sup>

A maioria dos livros didáticos, quando menciona explicitamente o que é o "Método Científico" (assim mesmo, com maiúsculas), acaba passando essa imagem de uma metodologia estabelecida segundo regras rígidas de procedimento.<sup>(10)</sup> Mesmo nas atividades práticas de laboratório de física básica dos cursos universitários essa seqüência tem um papel predominante. Será que não é essa mesma descrição metodológica que está escondida na prática cotidiana da maioria dos trabalhos científicos e mesmo nos artigos publicados? Peter Medawar, quando afirmou que "os artigos científicos são uma fraude", também estava se referindo a esse tipo de descrição do "que fazer" científico. E, P. Medawar acrescenta que

*"A publicação científica, em sua forma ortodoxa, personifica uma concepção totalmente errada, caricaturesca até, da natureza do pensamento científico.*<sup>(11)</sup>

No início do século XVII, o filósofo escocês David Hume, levantou dúvidas cruciais sobre esse modo de ver a evolução do conhecimento científico que, segundo Bryan Magee, poderia oferecer a seguinte "definição" da ciência:

*"A ciência é o corpus de tais conhecimentos seguros e certos e o desenvolvimento da ciência consiste no interminável processo de adicionar certezas novas ao conjunto de certezas existentes."*(12)

David Hume foi um dos primeiros filósofos a tecer fortes objeções à indução quando aplicada a uma ciência que utiliza na sua construção dados empíricos. A partir de sua argumentação, nasceu o "problema da indução" ou "problema de Hume" que, ainda hoje, é alvo de pesquisa filosófica. Não me aprofundarei nessa polêmica pois a intenção aqui é mais a de apresentar o caminho que, partindo da crítica à indução, chega às propostas contemporâneas sobre o modo de caminhar das ciências naturais, particularmente da física e seu impacto educacional.

No seu livro clássico "Investigação sobre o conhecimento humano", Hume apresenta suas reflexões e dúvidas sobre a causalidade, o pensamento racional e a indução. Bertrand Russel afirma que

*"... era inevitável que tal refutação da racionalidade fosse seguida de uma grande erupção de fé irracional..."*(13),

atitude que provoca uma onda de ceticismo quanto à possibilidade de construção racional do conhecimento que vai levar muitos filósofos a apelar a explicações místicas e teológicas. Eis um exemplo de reflexão de Hume, pertinente a esta discussão:

*"Afirma-se que uma proposição é inferida de outra, porém há de reconhecer-se que a inferência não é intuitiva nem tampouco demonstrativa. Então de que natureza é? Dizer que é experimental equivale a cair em uma peição de princípio, pois toda inferência realizada a partir da experiência supõe, como fundamento, que o futuro será semelhante... Aceite-se que o curso da natureza até agora tenha sido muito regular; isto por si só, sem algum argumento novo ou inferência, não demonstra que no futuro o seguirá sendo. Em vão se pretende conhecer a natureza dos corpos a partir da experiência passada."*(14)

B. Russell sugere que tais argumentos de Hume provam que a indução é um princípio lógico independente e incapaz de ser inferido da experiência. "Sem este princípio é impossível a ciência", complementa Russell.(15)

Apesar dessas assertivas o método científico apoiado no princípio da indução continuou a dominar o cenário filosófico-científico, talvez como uma escapatória preventiva para não se cair no reino da irracionalidade. Para os defensores desse método, a indução garantiria um critério seguro de demarcação entre ciência e não-ciência, isto é, proporcionaria um sinal diferenciador do caráter empírico e não-metafísico de um sistema teórico. Ou, como afirma o filósofo positivista H. Reichenbach, que utiliza critérios probabilísticos(16) para defender a indução,

*"... esse princípio determina a verdade das teorias científicas. Eliminá-lo da ciência significaria nada menos que privá-la do poder de decidir quanto à verdade ou falsidade de suas teorias. Sem ele, a ciência perderia indiscutivelmente o direito de separar suas teorias das criações fantasiosas e arbitrarias do espírito do poeta."*(17)

E, como que respondendo a essa profissão de fé indutivista, o poeta/filósofo Goethe, assim se manifestou:

*"Por mim, nunca utilizei a indução nas minhas solitárias investigações pois senti a tempo o seu perigo."*(18)

Até Kant procurou salvar o princípio da indução, no domínio das ciências experimentais, invocando o princípio da validade "a priori". Como adverte Karl Popper há aí um pouco de confusão entre a "psicologia do conhecimento", associada aos fatos empíricos, e a "lógica do conhecimento", alvo principal da obra de Popper.

Outro ponto que salta aos olhos, nas regras rígidas desse método científico tradicional, é a pouca importância dada à elaboração da hipótese. Nesse método a hipótese fica limitada aos dados empíricos sendo pouco enfatizada sua capacidade de realizar previsões a respeito de outras situações.

Popper oferece uma contribuição significativa sobre o processo de

investigação científica, afastando-se do método indutivo e propondo uma seqüência alternativa para essa investigação que tem sido denominada de "método hipotético-dedutivo", onde a hipótese tem um papel de destaque.

Popper também insiste na necessidade de se estabelecer um critério nítido de demarcação como também se preocupa com a preservação do discurso racional, de um novo racional se assim o quisermos. Popper procura resolver o "problema da indução" seguindo de perto muitos dos passos já anunciados por Hume. Ele não aceita, como queriam os positivistas, a indução como critério de demarcação. Chega a afirmar que a ânsia dos positivistas em preservar esse critério tradicional, ou melhor de "aniquilar a metafísica", ameaça de aniquilamento a própria ciência natural.<sup>(19)</sup> A seguinte citação de Popper resume bem seu posicionamento face ao método indutivo:

*"Ora, a meu ver, não existe a chamada indução. Nestes termos, inferências que levam a teorias, partindo-se de enunciados singulares "verificados por experiência" (não importa o que isto possa significar) são logicamente inadmissíveis. Conseqüentemente, as teorias nunca são empiricamente verificáveis. Se quisermos evitar o erro positivista de eliminar, por força de critério de demarcação que estabelecamos, os sistemas teóricos de ciência natural, deveremos eleger um critério que nos permita incluir, no domínio da ciência empírica, até mesmo enunciados insuscetíveis de verificação."<sup>(20)</sup>*

Contudo, para preservar o caráter racional da investigação científica, Popper exige que o sistema científico seja comprovado experimentalmente, só que ao invés de impor a verificação como o teste crucial, como se apresenta no método científico tradicional, ele introduz o "critério de falseabilidade". Desta forma, este passa a ser o novo critério de demarcação entre a ciência e a não-ciência. Ou seja, para Popper nosso conhecimento científico não teria evoluído se ao lado de casos verificadores não tivessem surgido, por acidente ou não, contra-exemplos como casos refutadores.<sup>(21)</sup> O critério de refutabilidade fornece também uma forte ponte com o fenômeno real, como podemos perceber nas próprias palavras de Popper:

*"Na medida em que um enunciado científico se refere à realidade, ele deve ser falseável; na medida em que não é falseável, não se refere à realidade."<sup>(22)</sup>*

Repetindo o procedimento que fizemos com o método tradicional, a proposta de desenvolvimento científico de Popper pode ser assim resumida:

- i. existência de um problema a ser resolvido;
- ii. procura de soluções para o problema; elaboração de várias teorias tentativas; escolha de uma delas segundo o critério de aceitar a que apresentar maior grau de possibilidades de refutação;
- iii. dedução de conseqüências dessa teoria;
- iv. a teoria é submetida a teste, isto é, procura-se refutá-la buscando contra-exemplos significativos (critério de refutabilidade em ação); caso ocorra a refutação temos um novo problema a ser resolvido, isto é, propor teorias tentativas;
- v. escolha entre teorias rivais;
- vi. nova teoria.

Há mais uma condição imposta por Popper para completar esse quadro. Trata-se de preservar ao máximo o conjunto de dados observacionais acumulados ao longo das investigações científicas. Assim é que num determinado momento temos um conjunto de experimentos, fatos observados e deduções que compõem um conjunto E1, vinculado a uma certa teoria T1. Num momento posterior descobre-se, acidentalmente ou não, um fato novo que refuta a teoria T1.<sup>(23)</sup> Passa-se a procurar construir uma nova teoria, seguindo-se o esquema acima exposto. Escolhida uma teoria T2, ela estará baseada num novo conjunto observacional e dedutivo E2, que corresponde ao acréscimo ao conjunto E1 do fato que levou à refutação de T1. Nesta situação a teoria T2 deverá, portanto, explicar todos os elementos empíricos explicados por T1, como também o novo fato, isto é, a teoria T1 passa a ser um caso particular da nova teoria T2. Popper cita como exemplo típico desse procedimento a mecânica relativística de Einstein que tem a mecânica Newtoniana como um caso particular (limite clássico).

Num sentido figurado poderíamos resumir desta forma uma "definição" popperiana de cientista: "Cientista é o homem (ou mulher) que procura provar que as teorias científicas existentes são falsas".

Voltando ao problema da hipótese, podemos afirmar que em Popper ela pode e deve ser a mais criativa possível, abrangendo um grande número de

potenciais exemplares para refutação. Nessa criação de hipóteses, o cientista pode buscar inspiração nas fontes que quiser, dependendo de suas características subjetivas, isto é, pode dar asas à sua imaginação. Porém, essa liberdade de criar, para Popper, vai até onde começa a atuar o critério de refutabilidade.<sup>(24)</sup> O caráter estritamente racional da criação científica, desta forma, acaba desempenhando o papel central. Assim, fatores subjetivos e estéticos vão sofrer tal restrição que não desempenham praticamente nenhum papel na formação e avaliação das teorias científicas. Portanto, embora a importância da hipótese seja significativamente maior que no método indutivo, ela tem que se submeter a critérios lógicos e empíricos bem definidos. De qualquer forma, percebe-se nesse modelo de Popper avanços significativos de interpretação, e talvez até de prescrição, do processo de investigação científica. Seu critério implica uma provisoriedade de todo o conhecimento científico, na possibilidade de uma mudança contínua, numa espécie de "revolução permanente" de pequena proporção. Enfim, é o predomínio da lógica da investigação científica que, como ocorre com os empiristas lógicos, reduz os fatos humanos e, em decorrência, diminui ou retira o papel da história da ciência no desenvolvimento das teorias científicas.<sup>(25)</sup>

Outro autor que também critica o método tradicional, a verificabilidade e o positivismo lógico, é Thomas S. Kuhn. Sua proposta choca-se também com as idéias de Popper. Basicamente o que exponho a seguir baseia-se no livro "A estrutura das revoluções científicas".<sup>(26)</sup>

Kuhn divide o desenvolvimento científico em duas práticas distintas e complementares; a primeira, denominada "ciência normal", compreende a atividade da comunidade científica que aceita "pacificamente" as teorias em vigor; a segunda, denominada "revolução científica", descreve a atividade posta em prática por determinados cientistas, em determinadas épocas da história da ciência, rompendo com as amarras das teorias dominantes. Em sua proposta aparecem elementos não usuais neste tipo de abordagem da ciência, tais como, "comunidade científica", "teoria dominante", "quebra-cabeças", "adeptos do paradigma" e "visões de mundo".

Kuhn introduz em sua proposta o conceito de paradigma que, como já foi apontado por diversos comentadores de sua obra, pode compreender uma extensa gama de significados.<sup>(27)</sup> Para o que aqui nos interessa, podemos afirmar que por paradigmas entendemos os conceitos, princípios, metodologias, instrumentais, modelos, etc, enfim, as realizações científicas passadas que foram incorporadas ao corpo de conhecimento científico de uma determinada época. A teoria da relatividade é um paradigma, mas o fóton também o é, eis a extensão teórico/conceitual desse termo kuhniano. Além disso, a expectativa experimental face aos resultados de utilização de determinados equipamentos, também está compreendida nesse conceito. Uma vez aceito pela maioria da comunidade científica o paradigma indica o caminho que a investigação científica irá tomar, isto é, passa a ser a teoria dominante. Os cientistas "normais", após a aceitação do paradigma, nada mais fazem do que tentar demonstrar a funcionalidade do mesmo, isto é, envolvem-se na solução de problemas aplicando criteriosamente a teoria dominante. É um processo que Kuhn denomina de "solução de quebra-cabeças". Não há o esforço de procura e produção de novidades, mas a solução obedecendo estritamente "regras" previamente estabelecidas. Essas regras englobam: conceitos e leis científicas; equipamento experimental e seu modo de uso; a filosofia dominante.<sup>(28)</sup> A ciência normal se constitui num período do desenvolvimento científico em que Kuhn se permite empregar o termo "progresso". O paradigma estrutura o campo a que se refere (re)definindo o caminho em que se processará a investigação. Esta se desenvolve produzindo fatos e articulações teóricas de modo linear e cumulativo, portanto, progredindo.

Se há esse dogmatismo dominando a investigação científica, como a ciência se desenvolve de um paradigma para outro, de uma teoria para outra? É aqui que entram em cena as descobertas ou novidades factuais e as invenções ou novidades teóricas. Eis o que Kuhn diz sobre a descoberta:

*"A descoberta começa com a consciência da anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal. Segue-se então uma exploração mais ou menos ampla da área onde ocorreu a anomalia. Esse trabalho somente se encerra*

*quando a teoria do paradigma for ajustada, de tal forma que o anômalo se tenha convertido no esperado. A assimilação de um novo tipo de fato exige mais do que um ajustamento aditivo da teoria. Até que tal ajustamento tenha sido completado - até que o cientista tenha aprendido a ver a natureza de um modo diferente - o novo fato não será considerado completamente científico.* (29)

Desta forma as experiências que geraram descobertas não previstas pelas teorias paradigmáticas ou novidades teóricas que rompem hipoteticamente os limites por elas impostos, provocam mudanças ou, pelo menos nas cabeças de determinados cientistas, causam certa instabilidade que, por seu lado, contribui para estabelecer uma "crise" na ciência. Essa crise poderá ser o pretexto para o surgimento de novas teorias:

Resumindo brevemente: a atividade normal do cientista é a de resolver quebra-cabeças utilizando todas as regras estabelecidas a partir de um determinado paradigma. Acontece que, forçando dessa maneira o paradigma a resolver um número muito amplo de problemas aplicados a um extenso conjunto de fatos significativos, surgem situações que resistem de tal forma à solução proposta pelo paradigma que a comunidade (ou pequena fração dela, na maioria das vezes) começa a perceber que não é por falta de habilidade dos pesquisadores que isso está ocorrendo; além do mais, a possibilidade das anomalias face às descobertas ou invenções, leva à dúvida quanto à confiabilidade na técnica normal de solução de quebra-cabeças; é a crise.

Kuhn afirma que a passagem de um paradigma em crise para um novo paradigma que a resolve não é um processo cumulativo e isolado, como o apresentado por Popper em sua proposta. Nessa transição dá-se uma reconstrução do campo de pesquisa a partir dos fundamentos, momento em que podem mudar conceitos, métodos e aplicações. Esse processo é iniciado quando teorias especulativas são propostas com a intenção de "explicar" os quebra-cabeças que não foram solucionados com a teoria aceita até então. Nessa ocasião tudo é permitido: divagações filosóficas sobre o assunto, as regras tornam-se menos rígidas e as fronteiras se misturam. É daí que nasce a "revolução científica", onde o termo revolução mereceu uma atenção especial por parte de Kuhn, como exemplifica a

seguinte citação:

*"... Face às grandes e essenciais diferenças que separam o desenvolvimento político do científico, que paralelismo poderá justificar a metáfora que encontra revoluções em ambos? A esta altura um dos aspectos do paralelismo já deve ser visível. As revoluções políticas iniciam-se com um sentimento crescente, com frequência restrito a um segmento da comunidade política, de que as instituições existentes deixaram de responder adequadamente aos problemas propostos por um meio que ajudaram em parte a criar. De forma muito semelhante, as revoluções científicas iniciam-se com um sentimento crescente, também seguidamente restrito a uma pequena subdivisão da comunidade científica, de que o paradigma existente deixou de funcionar adequadamente na exploração de um aspecto da natureza, cuja exploração fora anteriormente dirigida pelo paradigma. Tanto no desenvolvimento político como no científico, o sentimento de funcionamento defeituoso, que pode levar à crise, é um pré-requisito para a revolução..."* (30)

Essa citação é um ótimo exemplo diferenciador não só do conteúdo da proposta kuhniana face ao que vinha discutindo nas páginas anteriores, mas também uma mostra da diferença na linguagem, de um aspecto um tanto quanto sociológico de abordagem e de ênfase na ruptura teórica (aqui a semelhança com o "corte epistemológico" de Bachelard, como salientarei mais adiante), na revolução científica, enfim, no desenvolvimento histórico do particular campo de investigação, no papel do sujeito na sua interação com o objeto científico.

Em resumo a proposta kuhniana pode ser apresentada da seguinte forma:

- i. fase pré-paradigmática, onde há competição entre teorias-candidatas a paradigma;
- ii. definição em favor de uma das teorias; esta fase caracteriza-se pela ocorrência da ciência normal através da procura de solução de quebra-cabeças;
- iii. articulação do paradigma na tentativa de aproximar novos fatos e as teorias;
- iv. ocorrência de anomalias ou descobertas não previstas pelo paradigma vigente;

v. tais anomalias eventualmente geram uma crise na ciência normal; entram em cena fatores não necessariamente "científicos";

vi. proposta de novas teorias e o comprometimento com uma delas por uma fração da comunidade científica; essa nova teoria é incomensurável com a visão de mundo fornecida pela teoria anterior; é a revolução científica entrando em cena;

vii. a aceitação da nova teoria pela comunidade científica reinicia um novo ciclo de ciência normal.

Nesta seqüência apresentada por Kuhn, em que se destacam as fases normal e revolucionária, creio que não é falso observar uma "descoberta" do pensamento dialético quando a quantidade de problemas normais leva à eventual solução de um problema com um salto de qualidade significativo. A busca da afirmação sistemática leva à negação do conhecimento estabelecido. Mais adiante voltarei a este tema.

A incomensurabilidade entre as teorias, presente na proposta de Kuhn, significa, por exemplo, uma profunda divergência com Popper no que diz respeito à comparação entre as teorias da relatividade de Einstein e a mecânica de Newton. Dado o caráter elucidativo deste exemplo, vale a pena analisá-lo com um pouco mais de detalhe. Isso pode ser feito com o seguinte raciocínio:

Consideremos o conjunto de enunciados  $E_1, E_2, \dots, E_n$  que representa os elementos da teoria da relatividade de Einstein: tempo, posição espacial, massa de repouso, etc. Consideremos também o conjunto  $N_1, N_2, \dots, N_m$  representando os elementos da teoria de Newton. Dos  $E_n$ , por manipulação via uso da lógica e da matemática, embasados pela observação, podemos deduzir outros enunciados. Assim, se acrescentarmos aos  $E_n$  um  $E_i$  da forma  $(v/c)^2$  muito menor que 1, onde  $v$  é a velocidade de um determinado corpo físico e  $c$  é a velocidade da luz, restringiremos o intervalo das variáveis de tal forma que pela manipulação adequada dos  $E_n$  chegamos aos  $N_1, N_2, \dots, N_m$  da teoria de Newton: leis do movimento, lei da gravidade, etc. Portanto, aparentemente teríamos:  $E_n$  tendendo, com o uso daquela restrição, aos  $N_m$ .<sup>(31)</sup> Esta seria a linha de pensamento que deriva das análises positivistas bem como da proposta popperiana de desenvolvimento científico. Já na análise de Kuhn, os  $N_m$  assim obtidos não são os elementos básicos

da teoria de Newton. Posição espacial, tempo, massa e outros elementos que ocorrem em  $E_n$  e  $N_m$  são conceitualmente distintos, de tal forma que no limite clássico representado por  $E_i$  acima definido, a igualdade entre os elementos  $E_n$  e  $N_m$  só é verdadeira se redefinirmos  $t, a, m, E, p$ , etc, de uma forma que só é possível após os trabalhos de Einstein. Portanto, para Kuhn, os  $N_m$  não constituem um subconjunto dos  $E_n$ . Em outras palavras, a mecânica de Newton, ao contrário do que afirma Popper<sup>(32)</sup>, não é simplesmente um caso particular da teoria da relatividade de Einstein, isto é,  $T_1$  não está contida em  $T_2$ . Voltarei a abordar a relação entre as teorias de Newton e Einstein mais adiante, quando tratar da proposta epistemológica de Gaston Bachelard.

Para finalizar estes comentários sobre as idéias de Kuhn, é relevante, no contexto deste trabalho, mencionar que a revolução científica, como não podia deixar de acontecer, não é aceita pacificamente. No que interessa de perto a este trabalho cabe destacar que os próprios textos didáticos, os chamados manuais, "veículos pedagógicos destinados a perpetuar a ciência normal"<sup>(33)</sup>, truncam a visão da história da ciência; tendem a apresentar essa história como um suceder linear e cumulativo de eventos. Isso acontece até mesmo com a apresentação de Newton, quando ele atribui a Galileu o uso do conceito de força na queda livre, o que não corresponde bem com a compreensão que Galileu fazia desse fenômeno. Os textos didáticos apresentam a ciência como tendo um desenvolvimento similar à construção de um edifício "tijolo com tijolo num desenho lógico". Quando, após a definição de uma revolução científica, um novo paradigma é adotado, toda a história do particular campo científico aí envolvido é reescrita e apresentada pelos manuais. Este "reescrever" da história será abordado com mais detalhes no próximo capítulo. É a história dos vencedores que traça o roteiro da educação das novas gerações de pesquisadores, de tal forma a propiciar um treino efetivo no paradigma de plantão. A este respeito são oportunas as seguintes palavras de Kuhn:

*"... Dada a confiança em seus paradigmas, que torna essa técnica educacional possível, poucos cientistas gostariam de modificá-la. Por que deveria o estudante de física ler, por exemplo, as obras de Newton, Faraday, Einstein ou Schrödinger, se tudo que ele necessita saber acerca desses trabalhos está recapitulado de*

*uma forma mais breve, mais precisa e mais sistemática em diversos manuais atualizados? ...Trata-se certamente de uma educação rígida e estreita, mais do que qualquer outra, provavelmente - com a possível exceção da teologia ortodoxa ...Um balanço das revoluções científicas revela a existência tanto de perdas como de ganhos e os cientistas tendem a ser particularmente cegos para as primeiras.*<sup>(34)</sup>

Porém, apesar dessa crítica contundente à "pedagogia" de divulgação do "que fazer" científico e da própria formação dos cientistas, Kuhn enfatiza em seu livro o caráter funcional da ciência normal, isto é, ela é a responsável pela passagem de uma teoria à outra pois é a sua limitação que dá surgimento à crise. Como veremos no próximo capítulo, alguns autores chegam a atribuir a Kuhn a defesa de uma educação dogmática restrita ao aprendizado sistemático de um procedimento acrítico, baseado nos parâmetros oferecidos pela ciência normal.

Um autor que se distancia ainda mais da visão cumulativa do desenvolvimento do conhecimento científico e, ao mesmo tempo, critica as posições de Popper e Kuhn, é Paul Feyerabend.<sup>(35)</sup> Já o título de seu livro mais conhecido oferece alguma pista quanto ao encaminhamento de sua análise, "Contra o método".<sup>(36)</sup>

O trabalho de Feyerabend estrutura-se segundo a diretriz por ele denominada de "anarquismo epistemológico". É um forte ataque à posição racionalista. Logo no início do seu livro, Feyerabend cita Einstein em favor de sua tese:

*"As condições externas que os fatos da experiência colocam (diante do cientista) não lhe permitem, ao erigir seu mundo conceitual, que ele se prenda em demasia a um dado sistema epistemológico. Em consequência, o cientista aparecerá, aos olhos do epistemologista que se prende a um sistema, como um oportunista inescrupuloso..."*<sup>(37)</sup>

E por mencionar Einstein, que na citação acima tece comentários epistemológicos, e que, pelo seu destaque no desenvolvimento da física teórica contemporânea, é muitas vezes utilizado por diferentes filósofos para ilustrar este

ou aquele argumento, é oportuno citar um trecho de sua autobiografia intelectual, que ele escreveu aos sessenta e sete anos de idade; nessa citação, Einstein menciona o nome de Mach, filósofo-cientista positivista que teve forte influência sobre os cientistas do final do século passado e início deste. Eis o que diz Einstein:

*"Vejo a grandeza de Mach no seu ceticismo e incorruptível independência; contudo, na minha juventude, a posição epistemológica de Mach influenciou-me acentuadamente, uma posição que hoje considero impossível de ser mantida. Pois ele não focalizou devidamente a natureza essencialmente construtiva e especulativa de todo o pensamento e principalmente do pensamento científico. Em consequência, condenou a teoria precisamente nos pontos em que esse caráter construtivo-especulativo é claro e indiscutível, como na teoria cinética dos átomos."*<sup>(38)</sup>

Feyerabend critica a educação científica por "simplificar o meio em que o cientista atua considerando neutros os fatos científicos", isto é, "independentes de opinião, de crença ou de formação cultural". Ele ataca a tradição que manipula o conhecimento através de regras rígidas que vão contra uma "atitude humanista". Desta forma, ele defende procedimentos que envolvem a elaboração de hipóteses ad hoc ou idéias contra-indutivas, procurando mostrar que Galileu, personagem-base de toda sua argumentação, agiu desse modo ao construir a sua física. Vai mais além defendendo um princípio epistemológico:

*"É claro, portanto, que a idéia de um método estático ou de uma teoria estática de racionalidade funda-se em uma concepção demasiada ingênua do homem e de sua circunstância social. Os que tomam do rico material da história, sem a preocupação de empobrecê-lo para agradar a seus baixos instintos, a seu anseio de segurança intelectual (que se manifesta como desejo de clareza, precisão, "objetividade", "verdade"), esses vêem claro que só há um princípio que pode ser defendido em todas as circunstâncias e em todos os estágios do desenvolvimento humano. É o princípio: tudo vale."*<sup>(39)</sup>

Nesse princípio está compreendido um método que permite e estimula a variedade de opiniões, ou de teorias, mesmo as que se mostram "mutuamente incompatíveis", ou mesmo incomensuráveis. Isto porque algumas vezes determinados fatos só vêm à luz devido à existência de teorias alternativas. A

ciência normal descrita por Kuhn é um exemplo de procedimento que não aceita a participação de teorias alternativas. Daí ser condenada por Feyerabend que a acusa de ser representativa de uma atitude monista e preguiçosa.

Uma das razões que Feyerabend aponta para a utilização de várias teorias alternativas, a proliferação de teorias, prende-se à sua argumentação de que "nenhuma teoria está jamais em concordância com todos os fatos conhecidos em seu domínio", e oferece uma série de exemplos onde isso ocorre na física.<sup>(40)</sup>

Sendo fiel à sua proposta, Feyerabend ataca as regras metodológicas, que apontam os fatos como únicos juízes de definição de teorias, sejam elas indutivistas, verificadoras ou refutadoras. Além disso, para ele, o fato ou fenômeno, quando utilizado numa investigação científica, nunca vem sozinho; o fenômeno é aparência mais enunciado. Por exemplo, a frase associada a uma situação observacional: "a pedra está caindo verticalmente". Essa unidade entre enunciado e aparência do fenômeno é algo que resulta do processo de aprendizagem que principia na infância com a iniciação no domínio da linguagem. Como afirma Feyerabend,

*"Os fenômenos são o que os enunciados associados asseveram que eles sejam. A linguagem que 'falam' está, naturalmente, influenciada pelas crenças de gerações anteriores, mantidas há tanto tempo que não mais parecem princípios separados, apresentando-se nos termos do discurso cotidiano e parecendo, após o treinamento natural exigido, brotar das próprias coisas."*<sup>(41)</sup>

Neste ponto, como já vim fazendo em outros lugares ao longo deste capítulo, menciono uma forte semelhança dessa análise de Feyerabend com aquela realizada por Bachelard algumas décadas antes do "Contra o método". Neste caso, trata-se do conceito de "obstáculo epistemológico", que abordarei mais adiante.

Feyerabend ilustra a dificuldade de trabalhar com esses fatos (aparência-enunciados) tomando como exemplo o argumento da torre, utilizado pelos aristotélicos para refutar a hipótese copernicana, e a forma como Galileu afastou esse argumento, na verdade transformando-o num contra-argumento para provar a veracidade da hipótese de Copérnico. Ele sugere que Galileu substituiu uma "interpretação natural" (ou a unidade aparência-enunciado) por outra. A

interpretação natural dominante nessa época afirmava o caráter operativo de todos os movimentos, ou seja, "o realismo ingênuo com respeito ao movimento". Com base nessa interpretação natural (seria um exemplo dos "a priori" de Kant ?) não se consegue um acordo da visão copernicana com "os fatos". Segundo Feyerabend, Galileu introduz outra interpretação natural: a que afirma que "somente o movimento relativo tem caráter operativo", isto significando que movimentos compartilhados não podem ser observados. Assim, é a idéia de movimento relativo que Galileu estaria introduzindo para afirmar o caráter não-operativo da queda do corpo a partir do alto da torre, desde que se assuma uma hipótese ad hoc que Galileu utiliza para levar avante seu intento, o de provar que Copérnico estava certo, e que assume o movimento de rotação da Terra. Essa hipótese e mais uma lei adicional, "princípio da inércia circular", e muita propaganda e persuasão, são os instrumentos de Galileu, segundo Feyerabend. É o "tudo vale" em ação.

*"Enfim já se percebeu claramente a necessidade de hipóteses ad hoc: hipóteses ad hoc e aproximações ad hoc criam uma área experimental de contato entre os 'fatos' e aquelas partes de uma concepção nova que parecem capazes de explicá-los em alguma ocasião futura e após acréscimo de muitos elementos adicionais. (...) Sem 'caos' não há conhecimento. Sem frequente renúncia à razão, não há progresso. Idéias que hoje constituem a base da ciência só existem porque houve coisas como o preconceito, a vaidade, a paixão; porque essas coisas se opõem à razão; e porque foi permitido que tivessem trânsito. Temos, portanto, de concluir que, mesmo no campo da ciência, não se deve e não se pode permitir que a razão seja exclusiva, devendo ela, frequentes vezes, ser posta de parte ou eliminada em prol de outras entidades. Não há uma só regra que seja válida em todas as circunstâncias, nem uma instância a que se possa apelar em todas as situações."*<sup>(42)</sup>

Neste breve resumo de algumas propostas que pretendem responder à questão "o que é conhecimento científico e como pode ser conseguido?", houve uma coincidência entre a cronologia do surgimento das propostas até aqui examinadas e sua orientação metodológica, que caminha desde as rígidas regras de

conduta emanadas dos "fatos", numa tradição essencialmente positivista ou baseada nos ditames do empirismo-lógico, chegando à negação dos "fatos" por regras casuisticamente preparadas, isto é, vai do indutivismo de Bacon ao "tudo vale" de Feyerabend. Realmente iniciamos no século XVII com Bacon, passamos pelo século XVIII em que viveu David Hume e chegamos ao século XX. Bertrand Russell e Karl Popper escreveram seus trabalhos por volta das décadas de 40 e 50, enquanto T. S. Kuhn e P. Feyerabend escreveram as obras mencionadas nas décadas de 60 e 70, respectivamente.

Agora vou romper com essa cronologia e voltar algumas décadas, mais precisamente as décadas de 30 e 40, e encontrar um personagem que, a meu ver, tem muito a acrescentar em tudo o que já foi comentado a respeito do "espírito científico". Além de romper com a evolução temporal que vínhamos seguindo até aqui, esse autor, Gaston Bachelard, rompe com o paradigma dominante na discussão sobre filosofia da ciência, quando apenas aqueles nomes anteriores são mencionados e se automencionam, (os deste século, é claro). Particularmente, Popper, Kuhn e Feyerabend, chegam até a tecer comentários sobre os trabalhos uns dos outros. Já Bachelard, não comparece nenhuma vez, pelo menos nas leituras que tenho feito dos três anteriores, nas citações desses filósofos.<sup>(43)</sup> Ele próprio não chega a mencionar os demais pois certamente não teve oportunidade de lê-los.<sup>(44)</sup> O mesmo poderá ter acontecido com os outros para com ele. Considero muito estranha essa omissão por parte dos que tratam da filosofia das ciências naturais já que, como teremos oportunidade de notar nas breves anotações que darei a seguir, Bachelard tem tudo a ver com este discurso. Talvez a ausência deste filósofo francês se deva à sua peculiar maneira de construir uma visão epistemológica e também pela intersecção entre a linguagem científica e a linguagem poética, entre o racional e o devaneio. A meu ver o caráter inovador da análise de Bachelard custou a penetrar no reino fortemente influenciado pela lógica da investigação científica, pela continuidade sem traumas do desvelamento científico do mundo, ao contrário da sua visão que sofreu forte influência das transformações por que passou a física no início deste século.

Devido à forma peculiar de Bachelard lidar com sua epistemologia científica e sua preocupação poético/literária, faço aqui um corte e, ao mesmo tempo, justifico a utilização de uma frase de Edgar Allan Poe como epígrafe deste capítulo. O genial contista (característica pela qual é mais conhecido) norte americano escreveu Heureka, um belo ensaio, datado de 1848, onde discute algumas idéias que ganham atualidade devido aos trabalhos dos filósofos da ciência como os aqui mencionados. No início de seu ensaio Poe critica tanto a indução quanto a dedução e enfatiza o papel da intuição e da imaginação na descoberta dos segredos do Universo. Diz ele que, se se perguntasse a Kepler como conseguira "adivinhar" suas leis, isto é, que descrevesse por "qual estrada" teria seguido, "se a indutiva ou a dedutiva", este responderia

*"Nada sei a respeito de estradas, mas conheço o mecanismo do Universo. Aqui está ele. Apoderei-me dele com minha alma. Alcancei-o simplesmente por meio da intuição."*<sup>(45)</sup>

Noutro trecho, Poe, fazendo referência a um suposto manuscrito datado de 2848, tece considerações sobre idéias metodológicas de Aristóteles, Bacon, Hume e J. S. Mill, concluindo que

*"... os metafísicos consentiram em libertar o povo da estranha fantasia de que existiam apenas duas estradas praticáveis, conduzindo à verdade !(...)*

*Os sábios contentaram-se com proscrever todos os outros competidores, passados, presentes e futuros, pondo fim a toda controvérsia sobre o assunto, pela promulgação de uma lei Meda, em virtude da qual os caminhos aristotélico e baconiano são, e por direito devem ser, as únicas e possíveis avenidas, que levam ao conhecimento. (...)*

*Agora, garanto-lhe, da maneira mais positiva - continua tardar o progresso da verdadeira Ciência, que realiza seus mais importantes avanços - como toda a história mostrará - por saltos, aparentemente intuitivos. Estas antigas idéias limitaram sua investigação ao rastejar; e não necessito sugerir-lhe que rastejar, entre outros meios diversos de locomoção, é um dos principais; mas, pelo fato de estar firme a tartaruga nos seus pés, deveremos cortar as asas das águias?"*<sup>(46)</sup>

Essa longa citação de Edgar Allan Poe traz, pelo menos, três

importantes constatações: a primeira diz respeito ao papel central da intuição, da imaginação que corresponde ao vôo da águia do pensamento; a segunda está relacionada com sua crítica ao método dedutivo de Aristóteles e ao indutivo de Bacon; finalmente, a terceira prende-se ao fato de Poe afirmar que a história mostra que o "progresso da verdadeira Ciência" se dá por saltos.

É exatamente de saltos epistemológicos que trata Gaston Bachelard em sua obra sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Seus cortes epistemológicos, verdadeiros saltos qualitativos, estão intimamente associados com a imaginação científica que guia os cientistas para "o novo espírito científico". É disso que tratarei a seguir.

Como já mencionei, na obra de Bachelard estão presentes duas vertentes de pensamento que, de uma forma aproximada, complementam e completam o imaginário do indivíduo pensante das vinte e quatro horas, o diurno da descoberta científica, do pensamento essencialmente racional e o noturno da vertente onírica, do pensamento guiado pelo devaneio. São duas modalidades de consciência: uma da racionalidade e outra da imaginação, uma levando ao pensamento científico e a outra conduzindo à criação poética. Porém há um laço que une essas duas vertentes, a sua busca fundamental. Bachelard queria

*"desvelar o segredo do mundo; o que será possível rompendo com o aparente."*<sup>(47)</sup>

É assim que Bachelard, tanto o diurno quanto o noturno, tanto o científico quanto o poético, tornou-se conhecido como o filósofo da ruptura ou do "corte epistemológico", como preferia Louis Althusser.<sup>(48)</sup>

As imagens e os conceitos formam os dois polos opostos das atividades psíquico-intelectuais representados pela imaginação e pela razão. Enquanto no reino do imaginário, do poético, a imaginação tem o máximo de liberdade, isto é, os produtos literário-poéticos não têm necessariamente vínculo com o real, o mesmo não ocorre no reino da razão, no pensamento científico. As

construções intelectuais não podem ser totalmente livres, pois há um compromisso com o real.<sup>(49)</sup>

O fio condutor da motivação epistemológica de Bachelard foi o advento da física contemporânea, tanto a teoria da relatividade de Einstein quanto a mecânica quântica. Particularmente, a teoria da relatividade exerceu forte influência no pensamento de Bachelard, principalmente a relação entre a matemática e a experiência, que abalou as concepções filosóficas vigentes, como o positivismo e o realismo. Em sua epistemologia não há lugar para o primado da experimentação; a relação entre fato e teoria é uma estrada de duas mãos, ora indo do fato à teoria, ora indo da teoria ao fato. É da contradição que se nutre o pensamento científico, em especial o novo espírito científico. No livro "O novo espírito científico", escrito em 1934, portanto, antes das obras de Popper, Kuhn e Feyerabend, Bachelard já assentava as bases dessa epistemologia.

*"Qualquer que seja o ponto de partida da atividade científica, esta atividade não pode convencer plenamente senão deixando o domínio de base: se ela experimenta, é preciso raciocinar; se ela raciocina, é preciso experimentar. Toda aplicação é transcendência. (...) Todavia o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem claro. Ele vai seguramente do racional ao real e de nenhum modo, ao contrário, da realidade ao geral como professavam todos os filósofos, desde Aristóteles até Bacon. Noutras palavras, a aplicação do pensamento científico parece-nos essencialmente realizante. Procuraremos, pois, mostrar no decurso desta obra o que chamaremos a realização do racional ou mais geralmente a realização do matemático."*<sup>(50)</sup>

Assim, na sua ânsia de combater o dogma positivista o epistemólogo francês inverte o sentido do "vetor epistemológico". E isso abre caminho para a entrada do sujeito na sua interação com o objeto científico. Com isso ele marca um distanciamento mais claro entre o contexto da justificação e o contexto da descoberta, do que aquele que é encontrado em Popper.

Um tema recorrente na obra de Bachelard é o choque entre continuidade dogmática, ou preconceito, ou ainda "obstáculo epistemológico" e a "ruptura" ou "corte epistemológico".

*"Do ponto de vista astronômico, a refundição do sistema einsteiniano é*

*total. A astronomia relativista não sai de modo algum da astronomia newtoniana. O sistema de Newton era um sistema acabado. (...) Vivíamos, aliás, no mundo newtoniano como numa residência espaçosa e clara. O pensamento newtoniano era de saída um tipo maravilhosamente transparente de pensamento fechado; dele não se podia sair a não ser por arrombamento."<sup>(51)</sup> (grifos meus)*

Percebemos nessa citação a presença da ruptura epistemológica, a necessidade de arrombar as portas de uma teoria bem constituída a fim de poder resolver problemas inesperados. A saída só pode ser a ruptura, ou a revolução científica, como aponta Kuhn, trinta anos depois de Bachelard. Agora, se fala de ruptura, Bachelard claramente está pressupondo a existência do domínio de uma teoria, de seu discurso, de sua construção matemática. Georges Canguilhem afirma que a "recorrência epistemológica", que, do ponto de vista da história da ciência, ele distingue do "método dito de cima para baixo", leva Bachelard a valorizar a "continuidade em ciência".<sup>(52)</sup> Por outro lado, Bachelard não se satisfaz com a normalidade praticada e a expectativa do surgimento de uma possível crise, como está implícito na epistemologia de Kuhn. Bachelard alerta para a presença dos "obstáculos epistemológicos", promove uma luta contra os preconceitos que se colocam contra o desenvolvimento do pensamento científico. A presença dos obstáculos epistemológicos se deve ao psiquismo humano, às resistências psicológicas em abandonar determinadas concepções ou em aceitar outras que "ferem" o estado psicológico; há também obstáculos que são derivados de fatores histórico-sociais.

Bachelard insiste também que o conhecimento do senso comum é um grande obstáculo que é preciso ultrapassar. Nisso "está implícita toda uma crítica ao empirismo e ao sensualismo".<sup>(53)</sup> Desta forma, há todo um passado cultural que deverá ser superado para se concretizar a "objetividade" da ciência. Para ele é necessário lutar contra as primeiras experiências, romper com o imediato, com a evidência, com as idéias claras.<sup>(54)</sup> (Não há aqui uma forte semelhança com idéias que Feyerabend iria defender muitos anos depois?)

Assim, na epistemologia de Bachelard fica explicitada a necessidade de se estudar a história da ciência. Este tópico será mais discutido no próximo

capítulo, mas não posso deixar escapar, neste ponto, a oportunidade de destacar que a filosofia de Bachelard se nutre da história da ciência, seja para melhor apreender o significado dos conceitos em ação e sua limitação para o avanço do conhecimento, seja para aprender que o método científico também tem sua evolução e história.<sup>(55)</sup> Portanto, Bachelard destacava que havia uma evolução metodológica acompanhando a evolução do conhecimento científico, que teria passado por sucessivas escolas: animismo, realismo, positivismo, racionalismo, até chegar ao racionalismo complexo e dialético, ao surracionalismo.<sup>(56)</sup>

Outro aspecto importante da filosofia de Bachelard é a sua nova interpretação dos fenômenos do micromundo. Para ele, com o advento da microfísica, ficou impossível uma designação direta do real. É nesse ponto que ele introduz a idéia de númeno. O real da ciência contemporânea não aparece mais como fenômeno, mas como o possível sentido a ser desvelado atrás do fenômeno, o númeno, que teria na linguagem matemática seu canal "natural" de expressão e ação. Bachelard entendia que, com o surgimento das micropartículas, que não são simplesmente partículas pequenas (1), era preciso renunciar à noção clássica de objeto, de "coisa"; pelo menos no reino do mundo atômico isso seria inevitável. Assim, a microfísica seria uma ciência não-fenomenológica, uma ciência numenológica. Como diz Elyana Barbosa, o fenômeno seria um objeto da percepção enquanto que o númeno seria um objeto do pensamento.

*"O corpúsculo e a onda não são coisas ligadas por mecanismos. Sua associação é de ordem matemática; deve-se compreendê-los como momentos diferentes de matematização da experiência. (...) ... a onda é um quadro de jogos, o corpúsculo é uma chance."*<sup>(57)</sup>

Desta forma, essa nova postura frente aos fenômenos que pertencem à física contemporânea, aliada à necessária suplantação de metodologias consagradas, é o ponto forte da epistemologia bachelardiana que vai ser expressa também na ênfase à recorrência histórica e à reinterpretação do racional em ciência.

*"Se não nos acautelarmos, seremos dominados pela tendência simplesmente racional. O nosso racionalismo simples entrava o nosso racionalismo completo e sobretudo o nosso racionalismo dialético. Eis uma prova de como as*

*filosofias mais sãs como o racionalismo newtoniano e kantiano podem, em determinadas circunstâncias, constituir um obstáculo ao progresso da cultura.* (58)

Por essa breve exposição de algumas idéias de Gaston Bachelard, nascidas durante as décadas de 30 e 40, pode-se perceber a semelhança de seu pensamento com os de Kuhn e Feyerabend. O conceito de ruptura ou corte epistemológico, a continuidade em ciência (realizada pelo ensino e pelos manuais)<sup>(59)</sup> e a idéia de mudança de percepção ou mudança gestaltica, são alguns dos conceitos que estão presentes também em Kuhn. Já a sugestão de lutar contra a evidência das primeiras experiências, de romper com o imediato, lembra a contra-indução de Feyerabend.

Aqui no Brasil essa aproximação entre as concepções de Bachelard e Kuhn já havia sido apontada por Hilton Japiassú que também sugere uma aproximação entre Bachelard e Popper.<sup>(60)</sup> Irineu R. dos Santos também comenta a interligação entre o universo bachelardiano e o de Kuhn, surpreendendo-se com o impacto provocado pela "Estrutura" de Kuhn, pois

*"... numa primeira e superficial impressão suas colocações têm evidente analogia com algumas posições que de há muito vêm sendo discutidas e defendidas não só por aqueles cuja influência em sua obra Kuhn explicitamente reconhece, como, por exemplo e especialmente Alexandre Koyré, mas por vários epistemólogos franceses, principalmente Bachelard, Canguilhem e Foucault.*" (61)

Há outra vertente de análise, muito importante para o que se propõe neste trabalho que é, não percamos de vista, a implicação de toda esta discussão no encaminhamento de uma educação que permita uma apropriação do conhecimento científico da forma a mais completa possível, isto é, incorporando toda a cultura científica, particularmente relacionada com a física, levando para a escola a vivência da "cidade da ciência."<sup>(62)</sup> Essa vertente procura estabelecer uma ponte entre a epistemologia e o marxismo.<sup>(63)</sup> Embora considere idealista a filosofia

bachelardiana, Dominique Lecourt, seguindo o exemplo de Marx que fez "uma leitura materialista dum filósofo idealista", neste caso Hegel, pretende também fazer "o mesmo tipo de leitura a propósito de Bachelard".<sup>(64)</sup> Com esse procedimento essa autora pretende pensar os "limites da epistemologia bachelardiana" e os caminhos que permitam superá-la. Não pretendo expor detalhes dessa análise mas apenas destacar algumas conclusões relevantes ao que me propus. Um dos aspectos ressaltados por Lecourt diz respeito ao princípio orientador do trabalho de Bachelard que se localiza

*"... fora da filosofia nas perturbações que a história real das ciências conheceu no princípio deste século: desenvolvimento das geometrias não-euclidianas, teoria da relatividade, início da microfísica..."* (65)

Não-euclideo, não-newtoniano, não-lavoisiano..., todas essas negativas de sistemas bem constituídos e fechados levaram Bachelard à "filosofia do não". A não-contradição é oposta a contradição, ao princípio da continuidade (tão caro à filosofia das ciências tradicional) é oposto o princípio da ruptura. Discutimos um pouco disso na interpretação popperiana e kuhniana da transição da física newtoniana à física relativista de Einstein. Algo semelhante passou-se entre Emile Meyerson<sup>(66)</sup> e Bachelard. Meyerson, em 1929, tinha uma posição semelhante à que mais tarde seria adotada por Popper, isto é, entendia que a relatividade "já estava contida "em germe" nos Princípios de 1687".<sup>(67)</sup> Eis como se manifesta Bachelard sobre este tema:

*"Mesmo sob aspecto simplesmente numérico, enganamo-nos, acreditamos, quando vemos no sistema newtoniano uma primeira aproximação do sistema einsteiniano, pois que as sutilezas relativistas não decorrem de uma aplicação aperfeiçoada dos princípios newtonianos. Não se pode, portanto, dizer corretamente que o mundo newtoniano prefigura em suas grandes linhas o mundo einsteiniano. É bem depois, quando nos instalamos de improviso no pensamento relativista, que reencontramos nos cálculos astronômicos da Relatividade - por mutilações e abandonos - os resultados numéricos fornecidos pela astronomia newtoniana. Não há, portanto, transição entre o sistema de Newton e o sistema de Einstein. Não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrando os cuidados nas*

*medidas, retificando ligeiramente os princípios. É preciso, ao contrário, um esforço de novidade total.*<sup>(68)</sup> (grifos meus)

Esta longa citação de Bachelard é significativa por dois aspectos, que volto a repetir: a inevitabilidade da ruptura total e o fato de Bachelard ter escrito essa passagem três décadas antes de Kuhn.<sup>(69)</sup>

Este procedimento que envolve o pensar científico repleto de rupturas, de vitórias contra obstinados obstáculos epistemológicos, valoriza, como já mencionei, o valor da história "real" das ciências; Carlos Henrique Escobar, indo na mesma direção e sentido que Lecourt, sugere que

*"O descontínuo (Bachelard, Koyré, Canguilhem), que, em princípio, pode parecer um lugar apenas estratégico para pensar as ciências e suas histórias, é, para os marxistas, uma forma de pensar as ciências na epistemologia materialista e a ciência da história sobretudo nas categorias de uma estrutura de produção do discurso científico."*<sup>(70)</sup>

Desta forma, Lecourt considera que, da mesma forma como procedia Alexandre Koyré em suas investigações sobre Galileu, por exemplo, a epistemologia bachelardiana dá muita atenção ao "erro", ao "insucesso", às "hesitações" e menos atenção à forma tradicional de referência à "verdade". E mais ainda, essa filosofia não pode se prender à sua "adequação" à atividade científica "a posteriori"; ela tem implicações na própria organização futura do trabalho científico.<sup>(71)</sup> Aqui estaria uma referência clara à célebre frase de Marx nas "teses contra Feuerbach":

*"Os filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras, o que importa é transformá-lo."*<sup>(72)</sup>

Como lembra E. Barbosa isso teria sido posto em prática por Bachelard na sua "filosofia da ação".<sup>(73)</sup> Portanto, é a uma "filosofia realizante" que se refere o trabalho de Bachelard. Ou seja, contrariamente à fenomenologia, que pressupõe a existência do objeto, na filosofia de Bachelard este é construído, fruto da atividade do sujeito que, através do pensamento científico, que não é meramente contemplativo, modifica esse objeto, adquire um aspecto formativo. De uma certa forma é aqui resgatada, como disse Wolfgang Leo Maar, a concepção marxista de que a ciência é um caminho e não uma chegada.<sup>(74)</sup>

A própria Dominique Lecourt oferece um resumo de sua análise de Bachelard; diz ela que

*"A epistemologia histórica de Gaston Bachelard permanece uma não-filosofia na filosofia. O que é verdade é que, pelo seu respeito pelo materialismo dialético espontâneo<sup>(75)</sup> da prática científica, ela nos oferece elementos preciosos para uma teoria de filosofia e da sua história; e que, se se souber lê-la, ela nos revela, pela sua inconseqüência, as vias da sua passagem na construção duma teoria materialista da história das ciências."*<sup>(76)</sup>

Vimos acima como a epistemologia de Bachelard permite uma leitura através da ótica da dialética ou do materialismo dialético.

Alguns estudos mostram também uma confluência entre a concepção de desenvolvimento de Kuhn e o discurso dialético. Como exemplo deste modo de análise vou mencionar brevemente o papel da "Estrutura" de Kuhn em recentes estudos da União Soviética. Acredito que tanto esta incursão como a anterior, referente a Bachelard, são relevantes para a educação em ciências pois problematiza, tornando mais complexa e rica, as várias epistemologias existentes num quadro de análise mais dinâmico.

O químico e filósofo soviético Nikolai Semionov, num artigo referente à gnoseologia dialético-materialista na investigação da natureza, descreve o "pensamento criador" ou dialético com estas palavras (os parênteses com a nomenclatura kuhniana são meus):

*"Como regra, os experimentos são feitos para pôr em claro umas e outras questões particulares da teoria dentro do quadro dos conceitos existentes. Semelhantes investigações são muito úteis para especificar e ampliar a teoria, para fixar as condições de seu emprego na prática. Porém não ultrapassam o marco dos conceitos existentes e não provocam mudanças revolucionárias na ciência. (ciência normal) O avanço considerável da ciência depende de descobrimentos que entram em contradição com o sistema de conceitos já existentes. (descoberta e anomalia) A solução destas*

*contradições (crise) dá lugar ao surgimento de novas concepções que, às vezes, fazem época e realizam uma revolução em toda a ciência. (revolução científica).<sup>(77)</sup>*

Embora o autor não cite em parte alguma de seu artigo o nome de Kuhn ou de seu livro mais importante, é clara a inspiração original ou, pelo menos, a incrível coincidência de análise.<sup>(78)</sup>

Paul R. Josephson afirma que a seqüência proposta por Kuhn se ajusta à explanação dialética de revoluções e que alguns pesquisadores soviéticos propõem que se melhore a teoria de Kuhn. Esses historiadores/filósofos soviéticos consideram a "Estrutura" uma boa refutação das interpretações positivistas da ciência, como também das neo-positivistas, que procuram estabelecer em seu programa uma linguagem neutra de observação e o falseacionismo como método de descoberta. Josephson considera ainda que a boa recepção do livro de Kuhn na URSS deve-se

*"... a sua proximidade com o pensamento marxista através de sua interpretação dialética da revolução científica."<sup>(79)</sup>*

Segundo Josephson as principais críticas dos soviéticos ao livro de Kuhn são:

- i. consideram muito vago o conceito de paradigma;
- ii. Kuhn falha em discutir as formas do conhecimento;
- iii. o conceito de incomensurabilidade pode envolver aspectos não-rationais no progresso da ciência;
- iv. critica-se um possível "anti-historicismo" pelo fato da verdade ser relativa a um dado paradigma;
- v. alguns críticos consideram Kuhn um "internalista"<sup>(80)</sup> que não leva em conta o contexto social da ciência.<sup>(81)</sup>

Como podemos notar das críticas dos soviéticos a Kuhn, elas não diferem muito de qualidade das críticas de outros pesquisadores de outros países.

Para finalizar este capítulo apresento um breve balanço do que foi apresentado. Acredito que a presença de uma discussão sobre as

filosofias/epistemologias da ciência, como as que foram apresentadas ao longo deste breve apanhado, deve ser garantida nos cursos de licenciatura da área de ciências exatas. O professor de física do segundo grau precisa estar ciente de que o "método científico" não se resume àquele conjunto de regras bem estabelecidas, que existem diferentes concepções que buscam explicar o processo de desenvolvimento das teorias e que algumas dessas concepções são antagônicas entre si. Estas diferentes visões epistemológicas, bem como a "redescoberta" do discurso dialético, colaboram no sentido de oferecer uma base filosófica da chamada "cultura científica", da recuperação da física como cultura.

Desta forma o professor de física deve saber que o método indutivo tinha sua razão de ser à época em que foi proposto mas que, nem por isso, estava isento de críticas como as formuladas por David Hume.

A proposta de Karl Popper apresenta uma interessante crítica do método indutivo e solução do "problema de Hume". A valorização do papel desempenhado pela hipótese, se bem que limitado pela oposição entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação, avança numa direção positiva mas, ao mesmo tempo, mantém traços da direção positivista. Isto determina o distanciamento desse programa epistemológico da prática real das ciências. O método hipotético-dedutivo de Popper, assim como o método defendido pelos empiristas lógicos e outros positivistas, é passível da crítica de ser não apenas a-histórico, como também anti-histórico. A ciência segundo essas correntes é caracterizada pela continuidade, cumulatividade e progressividade, mas nunca pela mudança. Embora alguns desse epistemólogos estejam dispostos a admitir que as teorias científicas podem depender de fatores psicológicos ou sociológicos, domina a concepção de que as teorias repousam sobre um nível positivo do saber baseado tão somente na observação, fonte de validação ou falseamento. É o domínio da explicação "pura e objetiva", onde o sujeito, isolado ou coletivamente, pouco tem a contar na aceitação ou rejeição de teorias.<sup>(82)</sup> O professor de física deve estar ciente desta proposta, de seu conteúdo epistemológico, de sua crítica, para poder se posicionar a respeito.

Outras vertentes de epistemologias, que particularmente mais prezo,

têm suas raízes na mudança, na ruptura, no corte epistemológico, na revolução científica, de um lado, e no forte embasamento na história das ciências, de outro. É o caso das obras Kuhn, de Feyerabend e de Bachelard. Embora a epistemologia de Kuhn defenda concepções presentes na obra de Bachelard, sua construção ao longo da "Estrutura", sua riqueza em exemplos históricos num estilo influenciado por Koyré, sua clareza de exposição e seu anti-positivismo claro e didático, tornam sua proposta epistemológica imprescindível na educação do professor de física, bem como do físico profissional. Num trabalho que busca uma discussão cultural da física, uma visão de totalidade, o trabalho de Kuhn é particularmente relevante, pois utiliza não apenas uma argumentação filosófico/epistemológica, mas penetra na área da sociologia do conhecimento, da psicologia e da história das ciências.

A proposta epistemológica de Paul Feyerabend é das mais provocativas e altamente estimulante, se bem que, apesar de utilizar amplamente a história da ciência (quase limitada às contribuições de Galileu), tem uma base histórica fraca quando comparada às propostas de Kuhn e Bachelard. Porém, a argumentação (propaganda ?) utilizada por Feyerabend para defender concepções como a atitude contra-indutiva, a desconfiança das primeiras experiências, a proliferação de teorias e a utilização da história da ciência, tornam a sua epistemologia obrigatória nas salas de aula dos cursos de licenciatura em física.

Finalmente, a epistemologia de Bachelard traz algo de novo nesta tentativa de apresentação da física como cultura. Pode-se captar da leitura de sua obra epistemológica preocupações que ganham, no seu discurso, aspectos complementares: sua ênfase no desenvolvimento da cultura científica que é expressa, por exemplo, no papel desempenhado pela história recorrente que fornece uma característica dinâmica, onde a continuidade da ciência é abruptamente interrompida em cortes epistemológicos; o aspecto pedagógico pode ser adquirido de sua preocupação com os obstáculos epistemológicos; a aprendizagem da ciência deve estar preocupada com a "normalidade" envolvida na necessária especialização em determinados campos e no preparo, através de recorrência histórica, para suplantar tais obstáculos. Isto, pelo menos, na formação dos cientistas. Na educação geral também encontraremos dificuldades similares a superar. Essa presença

marcante da continuidade/ruptura<sup>(83)</sup> é que gera a prática dialética "espontânea" dos pesquisadores.

Estas epistemologias, tão fortemente lastreadas na história da ciência, permitiram-me enfocar o papel da dialética no desenvolvimento científico, recuperando o aspecto formativo que estava presente tanto em Hegel como em Marx.

## Notas e referências

1. Poe, Edgar Allan. Heureka. In: Poesia e Prosa - obras escolhidas. Trad. Oscar Mendes e Milton Amado. Edições de Ouro, Rio de Janeiro, 1966, pág. 453. Original inglês de 1848.
2. Este tema é abordado no capítulo 6 deste trabalho.
3. Marcuse, Herbert. A ideologia na sociedade industrial. Trad. de Giasone Rebuá. Zahar, Rio de Janeiro, 1967. Nesse livro, como destaca J. Habermas, Marcuse alerta que o "método científico" é um instrumento de dominação não só da natureza pelo homem, como do próprio homem, em nome de uma racionalidade "neutra". Habermas, Jürgen. Técnica e ciência enquanto "ideologia". In: Os Pensadores, vol. XLVIII. Abril Cultural, São Paulo, 1975, pág. 305.
4. "Filosofia" aparece aqui entre aspas pois estou me referindo a uma filosofia "ad hoc", a uma filosofia especial das ciências naturais, tal como entendida, por exemplo, pela leitura de livros como "A estrutura das revoluções científicas", de T.S. Kuhn.
5. Ultimamente tem havido um ressurgimento da obra bachelardiana, particularmente aqui no Brasil. Isso tem ocorrido tanto com relação à vertente poética, do pensador noturno, quanto à vertente epistemológica, do pensador diurno, dos trabalhos de Gaston Bachelard. Porém, na discussão hoje dominante na filosofia das ciências, particularmente nos países sob influência maior do pensamento anglo-saxão, a menção ao pensamento do filósofo francês é rara e, quando ocorre, limita-se à conceituação de "corte epistemológico", versão althusseriana do conceito de "ruptura" de Bachelard. Como veremos ao final deste capítulo, essa epistemologia do "novo espírito científico" não pode ficar ausente da compreensão das ciências naturais contemporâneas, e da iluminação do seu passado através de uma recorrência histórica que só tem sentido se referenciada à própria evolução do discurso epistemológico. Daí o fato desta temática extravasar este capítulo, atingindo a discussão mais propriamente histórica presente no próximo.
6. Kopnin, P. V. A dialética como lógica e teoria do conhecimento. Trad. Paulo Bezerra. Ed. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 1978, pág. 223. Original russo de 1976.
7. Miriam Limoeiro, num interessante artigo sobre o método científico, afirma o seguinte:  
"Numa epistemologia cartesiana o método se reduz a um conjunto de regras que por si só garantem a obtenção dos resultados desejados."  
Limoeiro, M. O mito do método. Mimeografado, Rio de Janeiro, 1971, pág. 1.
8. Russell, Bertrand. História da filosofia Ocidental. Trad. Brenno Silveira. Cia. Editora Nacional, São Paulo, 1967, livro 3º, pág. 64. Original inglês de 1946.
9. Magee, Bryan. As idéias de Popper. Trad. L. Hegenberg e O.S. da Mota. Ed. Cultrix e EDUSP, São Paulo, 1974, pág. 25. Original inglês de 1973.
10. Esse Método Científico único é comumente referido tanto às ciências naturais quanto às ciências humanas. Como indica o geógrafo Antonio C. R. Moraes, essa atitude reflete  
"Outra manifestação da filiação positivista também traduzida numa máxima geográfica, é a idéia da existência de um único método de interpretação, comum a todas as ciências, isto é, a não aceitação da diferença de qualidade entre o domínio das ciências humanas e o das ciências naturais."  
Moraes, Antonio C. R. Geografia - pequena história crítica. Ed. Hucitec, São Paulo, 1986, pág. 23.
11. Medawar, P.B. Citado em: Dixon, Bernard. Para que serve a ciência? Cia. Ed. Nacional/EDUSP, São Paulo, 1976, pág. 36. Original inglês de 1973.
12. Magee, B. Ref. 9, pág. 26. Mesmo no limiar do século XX vamos encontrar cientistas de renome defendendo esta posição. Esse é o caso do matemático e filósofo Karl Pearson que, em 1892, afirmava que  
"... a classificação de fatos e a formulação de critérios absolutos baseados nessa classificação - critérios independentes das idiossincrasias da mente moderna - é, peculiarmente, o escopo e o método da ciência moderna."  
Citado em: Dixon, Bernard. ref. 11, pág. 16.
13. Russell, B. Ref. 8, pág. 210.

14. Hume, David. *Investigación sobre el conocimiento humano*. Trad. ao espanhol de J.S. Ortueta. Alianza Editorial, Madrid, 1984, págs. 60/61. Original inglês de 1748.
15. Russell, B. ref. 8, pág. 210.
16. Reichenbach apela para a "teoria da frequência" segundo a qual existiria um limite para a frequência de ocorrência de determinado fato a partir do qual tal fato passará a ser considerado como "conteúdo" verdadeiro. Passmore, John. *A hundred years of philosophy*. Penguin Books, England, 1972, págs. 415/418.
17. Reichenbach, H. *Erkenntnis*, v. I, 1930, pág. 186. Citado por Popper, Karl. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. L. Hegenberg e O.S. da Mota. Ed. Cultrix/EDUSP, São Paulo, 1975, pág. 28. Original inglês de 1959. A primeira edição alemã data de 1934.
18. Goethe, Johann Wolfgang. *Máximas e reflexões*. Trad. Afonso T. da Mota. Guimarães Editores, Lisboa, 1987, pág. 273. Original alemão de 1840.
19. Popper, K. Ref. 17, pág. 37.
20. Popper, K. Ref. 17, págs. 41/42.
21. Popper cita em seu livro uma frase de Weyl que sintetiza seu critério de refutabilidade:
- "De uma vez por todas desejo deixar registrada minha ilimitada admiração pelo trabalho do experimentador em sua luta para retirar fatos interpretáveis de uma natureza fechada, que sabe muito bem como enfrentar nossas teorias com um decisivo Não - ou como um inaudível Sim." Citado em: Popper, K. Ref. 17, pág. 308.
22. Popper, K. Ref. 17, pág. 346. Como Popper esclarece, em nota de rodapé, aqui ele está parodiando uma frase de Einstein: "Na medida em que os enunciados da geometria dizem respeito à realidade, eles não são certos; e na medida em que são certos, não dizem respeito à realidade."
23. Quando Popper fala em refutação de uma teoria ele não quer dizer que isso ocorra logo após uma determinada experiência ou uma nova descoberta não concordar com determinada previsão teórica. Isso seria o que Lakatos denominaria de "refutação ingênua". A refutação só vai ocorrer a posteriori, isto

- é, a primeira instância de refutação simplesmente cria uma nova situação-problema, cumprindo assim a primeira fase do método proposto por Popper. Só após o surgimento de uma nova teoria que incorpore a anterior e resolva esse problema, isto é, explique o fato novo em questão, é que poderemos falar em efetivação da refutação.
24. É neste ponto que entra em cena a diferenciação entre o contexto da descoberta e o contexto de justificação, termos inventados por Reichenbach. Ver, por exemplo, o que diz sobre este tema Wolfgang Stegmüller. *A filosofia contemporânea*. Ed. Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1977, págs. 357/358. Original alemão de 1976.
25. Numa linha epistemológica que se aproxima mais da proposta de Popper, que dos filósofos que discutirei na sequência do capítulo, pode ser mencionado o nome de Imre Lakatos, muito citado na bibliografia especializada de tendência anglo-saxã. Seu modelo de desenvolvimento científico é conhecido como uma "metodologia dos programas de pesquisa científica". Lakatos pode ser classificado como um neo-popperiano que dá certa importância à história (reconstruída) da ciência. Lakatos não aceita totalmente a proposta popperiana de falseacionismo. Para ele, uma teoria, algo que está sempre em desenvolvimento, é constituída por um "núcleo", onde estão as idéias fundamentais, de "hipóteses auxiliares", que funcionam como uma espécie de proteção ao núcleo e de uma "heurística", que seria a forma prática de formular hipóteses para a solução de problemas reais. O julgamento da teoria, isto é, do programa de pesquisa, se dá conjuntamente pelo confronto com programas rivais e com problemas reais. Para Lakatos há um desenvolvimento progressivo da ciência de um programa de pesquisa para outro. Um programa de pesquisa tem um anterior como caso limite.
26. Kuhn, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975. Original inglês de 1962.
27. Num ensaio em que analisa cuidadosamente o conceito de paradigma presente na "estrutura das revoluções científicas", de Kuhn, Margaret Masterman, após observar
- "Que existe ciência normal - e que ela é exatamente como Kuhn a descreve - é o

fato notável, esmagadoramente óbvio..."

descobre que Kuhn

"... emprega a palavra "paradigma" em pelo menos vinte e um sentidos diferentes..."

entre os quais se destacam: "realização científica", "mito", "filosofia", "manual", "figura de gestalt", "fonte de instrumentos", "modo de ver", "princípio organizador", etc.

Masterman, Margaret. A natureza do paradigma. In: Lakatos, I. e Musgrave, A. (orgs.). A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Ed. Cultrix/EDUSP, São Paulo, 1979, págs. 73/79. Original inglês de 1970.

28. Num interessante estudo sobre a simultaneidade da descoberta do "princípio de conservação de energia", Kuhn identifica três fatores determinantes para a enunciação desse princípio, que dominavam nas primeiras décadas do século XIX: o modelo teórico dominante (que explorava os processos de conversão entre diferentes formas de energia); o interesse pelos motores e máquinas (marcadamente influenciado pela revolução industrial) e a filosofia dominante entre os cientistas envolvidos nessa pesquisa (quase todos eram kantianos).

Kuhn, T. S. Energy conservation as an example of simultaneous discovery. In: Clagett, Marshall (ed.). Critical problems in the history of science. The University of Wisconsin Press, Madison, 1959, págs. 321/356.

29. Kuhn, T. S. Ref. 26, pág. 78.

30. Kuhn, T. S. Ref. 26, pág. 126.

31. Kuhn, T. S. Ref. 26, pág. 101.

32. Este tipo de argumentação popperiana é encontrado em diversas partes de sua obra; segundo Popper, esse posicionamento metodológico é derivado de uma profissão de fé metafísica na "imutabilidade dos processos naturais" ou na "invariância das leis naturais". Dois exemplos de frases que defendem tal "inclusividade" de teorias:

"E a teoria antiga, ainda que superada, freqüentes vezes mantém sua validade, como uma espécie de caso limite de uma teoria nova;..."

"... as teorias revistas não deveriam limitar-se a explicar o novo estado de coisas:

as experiências antigas deveriam também ser deriváveis delas."

Popper, K. Ref. 17, págs. 276 e 278.

33. Kuhn, T. S. Ref. 26, pág. 175.

34. Kuhn, T. S. Ref. 26, págs. 207/208.

35. Uma passagem quase-humorística. Alguns autores situam Feyerabend como tendo sido um bom propagador das idéias popperianas. Imre Lakatos, por exemplo, chega a afirmar que

"Feyerabend, que contribuiu provavelmente mais do que ninguém para a difusão das idéias de Popper, parece agora ter passado para o campo inimigo."

Lakatos, I. Ref. 27, pág. 141.

O próprio Feyerabend retruca, bem humorado:

"A: O que você tem contra o racionalismo crítico ?

B: O racionalismo crítico ?

A: Sim, o racionalismo crítico; a filosofia de Popper.

B: Não sabia que Popper tivesse uma filosofia.

A: Você não pode estar falando sério. Você foi seu aluno...

B: Assisti a algumas de suas aulas...

A: E se tornou seu discípulo...

B: Isso dizem os popperianos...

A: Você traduziu "A sociedade aberta" de Popper...

B: Precisava do dinheiro..."

Feyerabend, P. Diálogo sobre el metodo. In: Feyerabend y otros. Estructura y desarrollo de la ciencia. Alianza Editorial, Madrid, 1984, págs. 147/148. Original inglês de 1979.

36. Feyerabend, Paul. Contra o Método. Trad. O. S. da Mota e L. Hegenberg. Liv. Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1977. Original inglês de 1975.

37. Einstein, Albert. Albert Einstein: Philosopher-Scientist. Editor P. A. Schilpp, N.Y., 1951, pág. 683. Citado na ref. 36, pág. 20.

38. Einstein, Albert. Notas autobiográficas. Trad. Aulyde S. Rodrigues. Ed. Nova Fronteira, 2ª edição, 1982, pág. 29. Original inglês de 1949.

39. Feyerabend, P. Ref. 36, pág. 34.

40. Feyerabend, P. Ref. 36, pág. 79 e seguintes.
41. Feyerabend, P. Ref. 36, págs. 106/107.
42. Feyerabend, P. Ref. 36, págs. 278/279.
43. As principais obras de Popper, Kuhn e Feyerabend não fazem menção, uma única vez, ao nome de Bachelard. Ele é citado numa nota de rodapé na coletânea de artigos de Kuhn "Essential tension" (The University of Chicago Press, Chicago, 1977, pág. 219). Mesmo obras de caráter introdutório, como a de G. K. Kneller (A ciência como atividade humana. Zahar/EDUSP, Rio de Janeiro/São Paulo, 1980), não citam Bachelard. O mesmo acontece com trabalhos especializados como os citados nas referências 27 e 35.
44. Embora Gaston Bachelard tenha vivido até 1962, a grande maioria de seus escritos epistemológicos data das décadas de trinta e quarenta. Nos últimos vinte anos de sua vida dedicou-se muito mais à linguagem poética. É possível até que não tenha realmente tido contato direto com as obras de Popper, por exemplo, daí a ausência de comentários sobre a filosofia popperiana na obra de Bachelard. Porém, como explicar a ausência deste nas obras de filósofos mais contemporâneos, como Feyerabend e Kuhn, especialmente, já que a análise bachelardiana tem tantos pontos de análise próximos daquelas desenvolvidas por esses filósofos?
45. Poe, Edgar Allan. Ref. 1, pág. 461.
46. Poe, Edgar Allan. Ref. 1, pág. 455 e 456.
47. Barbosa, Elyana. O segredo do mundo (uma leitura de Gaston Bachelard). Tese de doutoramento, FFLCH-USP, São Paulo, 1985, pág. 11.
48. No seu ensaio "Lenin e filosofia", Althusser, ao discutir a "XI tese sobre Feuerbach" ("Os filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras, o que importa é transformá-lo"), afirma que nessa tese está anunciada uma "revolução teórica" ou o "fundamento de uma nova ciência". Para Althusser, Marx estaria lançando as bases da "ciência da história" no lugar da "filosofia da história", ou seja, em vez de "teorias ideológicas", passava-se a ter uma "teoria científica". Esta passagem teórica revolucionária, que representa uma "descontinuidade" entre a ideologia e a ciência, Althusser chamou de "corte



epistemológico", tomando emprestado, como diz ele, o "conceito de Bachelard". Esse ensaio encontra-se em: Lenin and philosophy and other essays. NLB, London, 1971, págs. 41/42. (Original francês de 1968) Esse mesmo termo comparece também em outro ensaio de Althusser, onde ele afirma o seguinte:

"A prática teórica de uma ciência é sempre completamente distinta da prática teórica ideológica de sua pré-história: esta distinção toma a forma de uma descontinuidade qualitativa teórica e histórica que eu, seguindo Bachelard, denomino "corte epistemológico".

Althusser, Louis. For Marx. Penguin Books, England, 1969, págs. 167/168. Original francês de 1966.

49. Barbosa, E. Ref. 47, págs. 36/39.
50. Bachelard, Gaston. O novo espírito científico. Ed. Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, 1985, págs. 12/13. Original francês de 1934.
51. Bachelard, G. Ref. 50, pág. 43.
52. Canguilhem, Georges. Ideologia e racionalidade nas ciências da vida. Edições 70, Lisboa, s/data, pág. 21. Original francês de 1977.
53. Barbosa, E. Ref. 47, pág. 91.
54. Barbosa, E. Ref. 47, pág. 89. A autora destaca também que as descontinuidades, a que se refere Bachelard, se dão tanto com relação às teorias científicas quanto com relação ao senso comum.
55. Laurens Laudan, no seu estudo sobre o método científico até E. Mach, atribui "... aos positivistas lógicos uma boa parte da responsabilidade pelo abandono da história do método nos nossos dias. Tanto na sua concepção da natureza da filosofia da ciência como na atitude desdenhosa e condescendente em relação aos seus predecessores, os filósofos do Círculo de Viena fizeram muito para desencorajar um estudo sério da história da metodologia."
- Laudan, Laurens. Teorias do método científico de Platão a Mach. Trad. de Balthazar Barbosa Filho. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, Suplemento 1, UNICAMP, 1980, pág. 14.
56. Barbosa, E. Ref. 47, pág. 62.

57. Bachelard, G. Ref. 50, págs. 87 e 89.
58. Bachelard, G. Filosofia do novo espírito científico. A filosofia do não. Editorial Presença, Lisboa, 1952, pág. 59. Original francês de 1940.
59. Canguilhem, G. Ref. 52, pág. 21.
60. Japiassú, Hilton. Para ler Bachelard. Liv. Francisco Alves, Rio de Janeiro, 1976, págs. 130/134.
61. Santos, Irineu Ribeiro dos. Os fundamentos sociais da ciência. Editora Polis, São Paulo, 1979, pág. 71.
62. Termo utilizado por Bachelard para localizar "especialmente" a cultura científica.
63. Lecourt, Dominique. Para uma crítica da epistemologia. Ed. Assirio e Alvim, Lisboa, 1980, pág. 7. (Original francês de 1972)
- Esta autora é uma pesquisadora que realizou verdadeira exegese da obra de Gaston Bachelard, particularmente uma reinterpretação crítica segundo as teses do materialismo dialético.
64. Lecourt, D. Ref. 63, pág. 20.
65. Lecourt, D. Ref. 63, pág. 21.
66. A importância que Emile Meyerson teve para a moderna historiografia da ciência pode ser detectada pela influência que sua pesquisa exerceu sobre destacados historiadores e filósofos:
- Koyré, por exemplo, dedica a Meyerson seus "Estudos Galilaicos"; Bachelard, comenta com muita frequência trabalhos de Meyerson; Kuhn, no prefácio da "Estrutura", cita Meyerson e outros franceses (A. Koyré, Hélène Metzger e Anneliese Maier), como uma das fontes de inspiração. Não estará aqui a raiz da "coincidência" de concepções entre Kuhn e Bachelard?
67. Lecourt, D. Ref. 63, pág. 21.
68. Bachelard, G. Ref. 50, págs. 43/44.
69. Irineu R. dos Santos, chama a atenção para a extrema semelhança entre os escritos de Kuhn e os de outros autores bem anteriores a ele, particularmente os de Wright Mills. Ele se pergunta por que a teoria do desenvolvimento científico de Kuhn teve tanta celeuma?
- "Parte da explicação pode estar no fato de surgir ela num contexto intelectual

- profundamente marcado pelas idéias das versões modernas do positivismo." (Ref. 61, pág. 80)
- Irineu R. dos Santos afirma que uma das conseqüências do predomínio da escola neopositivista na epistemologia anglo-americana é a
- "... desconsideração generalizada pelas produções epistemológicas de outras escolas e tendências, sobretudo em relação às originadas na França." (ref. 61, pág. 81)
- Santos situa Popper como um arquiinimigo da sociologia do conhecimento e como tal a obra de Kuhn assumia contorno de ultraje; daí, provavelmente, a reação dos filósofos tradicionais contra Kuhn, a pretexto de sua incontida "irracionalidade", disfarçada na "incomensurabilidade" entre teorias. E, é claro, a presença da ênfase na contradição e não na continuidade; no papel preponderante desempenhado pela história "real" das ciências e não pela "reconstrução racional" dessa história.
70. Escobar, Carlos Henrique. Epistemologia das ciências hoje. Ed. Pallas, Rio de Janeiro, 1975, pág. 45.
71. Lecourt, D. Ref. 63, págs. 24/25.
72. Marx, Karl. Teses sobre Feuerbach. In: Textos filosóficos. Editorial Estampa, Lisboa, 1975, pág. 30. original alemão de 1856.
73. Barbosa, E. Ref. 47, pág. 122.
74. Wolfgang Leo Maar, em conversa durante o exame de qualificação chamou-me a atenção para este aspecto formativo que está presente em Adorno, por exemplo.
75. Lecourt afirma que este seria o resultado que advém de uma "crise" da ciência, quando os cientistas buscam reconstruir "de alto a baixo" o edifício de sua ciência. Nesses momentos históricos, no início da física contemporânea, por exemplo, surge a dialética espontânea da prática científica. Lecourt afirma que nesta conceituação encontram-se Lenin e Bachelard, até no nível do vocabulário, quando afirmam que o conhecimento é uma "produção histórica".
- Lecourt, D. Ref. 63, págs. 27/28.
76. Lecourt, D. Ref. 63, pág. 32.
77. Semionov, Nikolai. La dialectica marxista y la obra científica. In: Academia de

Ciencias de la URSS. La revolución tecnocientífica: aspectos y perspectivas sociales. Editorial Progreso, Moscou, 1973, pág. 35.

78. A "Estrutura das revoluções científicas" de Kuhn foi traduzida e publicada na URSS, em 1975, com tradução de L. A. Marcova e S. R. Mikulinski, dois ativos historiadores da ciência. No mesmo artigo de Semionov encontram-se ainda semelhanças com Feyerabend, Bachelard e até Popper.

79. Josephson, Paul R. Soviet historians and The Structure of Scientific Revolutions. ISIS, 1985, 76:552.

80. Este tema será discutido no próximo capítulo.

81. Josephson, P. R. Ref. 79, págs. 553/556.

82. Lécuyer, Bernard-Pierre. Bilan et perspectives de la sociologie de la Science dans les pays occidentaux. Archives Européennes de Sociologie, vol. 19, nº 2, 1978, págs. 267/268.

Neste artigo, Lécuyer apresenta uma série de críticas interessantes ao positivismo.

83. N. Semionov acrescenta que

"... para o conhecimento científico a confirmação das idéias já existentes não é tão importante como o surgimento de idéias que são contraditórias. Estas contradições servem de estímulo para o progresso da ciência. Para um sábio, o tropeço numa contradição grande ou pequena é um presente dos céus. Não se pode deixar que escape. E como é fácil deixá-la escapar, não percebê-la, sobretudo quando se tem pressa em publicar um artigo ou defender uma tese."

Semionov, N. Ref. 77, pág. 48.

## Capítulo 4

### História da Ciência e Ensino de Física

*"Só se pode entender a essência das coisas quando se conhecem sua origem e desenvolvimento."*

Heráclito

Do que foi exposto nos capítulos anteriores deve emergir a necessidade de se apresentar, ao lado do formalismo matemático e da iniciação experimental, um panorama da evolução das teorias centrais constituintes da física. Esta evolução compreende duas abordagens complementares, uma oferecida pela filosofia das ciências naturais, a outra pela história da ciência. No capítulo anterior apresentei um breve panorama sobre a primeira dessas abordagens. Neste capítulo trato da segunda: o papel da história da ciência no ensino de física.

Várias são as posições assumidas quanto à pertinência ou não de utilização da história da ciência no ensino de ciência. Se tomamos por base a prática educacional dominante, os livros didáticos mais consumidos e a forma de avaliação dos estudantes, veremos que a cotação da história da ciência é bem baixa. Robert Merton cita, corroborando essa situação, um estudioso do sistema de informação na ciência que afirma que

*"Até mesmo as obras primas da literatura científica tornar-se-ão, com o tempo, sem valor, exceto para motivos históricos. Isso constitui uma diferença básica entre a literatura científica e a beletrística. É inconcebível, por exemplo, que um*

*estudante sério de literatura inglesa não haja lido Shakespeare, Milton e Scott; mas um estudante sério de física, por outro lado, pode perfeitamente ignorar os escritos originais de Newton, Faraday e Maxwell.*<sup>(1)</sup>

Por outro lado, há educadores que defendem a utilização da história das ciências no ensino, como é o caso de Georges Snyders que acredita que ela exemplifica a necessária ruptura com o conhecimento habitual na construção do conhecimento científico, e que essa seria

*"... uma das razões pelas quais ela deveria representar um papel no ensino científico: há uma história das ciências e as concepções novas foram arrancadas de viva luta das representações habituais que não tinham em si nada de insensato e que, para algumas, enraizaram no decorrer dos séculos."*<sup>(2)</sup>

Certamente, coerente com sua preocupação de que a escola deveria construir a aquisição de conhecimento partindo da premissa da "satisfação cultural", Snyders inseriria a história das ciências como elemento vital na passagem, na explicitação pedagógica da ruptura entre a cultura primeira e a cultura elaborada.

Há também cientistas que defendem a utilização da história da ciência no ensino; como exemplo, menciono o físico brasileiro Mário Schenberg que, inclusive, ministrou aulas de história da física na Universidade de São Paulo. Esta é a sua fala:

*"A História da Ciência é mais fascinante que um romance policial. (...)"*

*O estudo da História da Ciência é muito importante, sobretudo para os jovens. Acho que os jovens deveriam ler História da Ciência porque freqüentemente o ensino universitário é extremamente dogmático, não mostrando como ela nasceu. Por exemplo, um estudante pode facilmente imaginar que o conceito de massa seja simples e intuitivo, o que não corresponde à verdade histórica."*<sup>(3)</sup>

História da física ou histórias da física? História da ciência ou histórias da ciência? Durante as comemorações do segundo centenário da revolução francesa, algumas dezenas de livros sobre a história da revolução foram publicados no Brasil. Por que? Porque, dependendo da concepção de mundo do

historiador ou de sua formação profissional ou de sua posição política, diferentes enfoques podem ser dados ao tema. Dependendo ainda do enfoque (luta de classes, a disputa militar, o terror, temas culturais, a administração, etc) outros tantos livros podem ser escritos sobre o mesmo acontecimento. Ocorrerá o mesmo com a história das ciências? Certamente, sim. Então, que história utilizaríamos no ensino? Há exemplos de aplicação da história no ensino? Há quem seja contra o uso da história? E a ligação com a filosofia da ciência? Procurarei responder a questões como estas ao longo deste capítulo.

A história da física conheceu um grande crescimento nas últimas décadas.<sup>(4)</sup> Já no final do século passado era grande o interesse despertado por estudos históricos focalizando o desenvolvimento da ciência, principalmente devido à explosão ocorrida durante o século XVII. Mas foi particularmente no século XX que esses estudos acabaram dando origem a uma área de conhecimento específica: a história da ciência, com seus diferentes enfoques, metodologias e objetos de estudo. Foi comum durante algum tempo a divisão desses estudos históricos em duas grandes áreas correspondentes a análises ditas "internalistas" ou "externalistas".

*"As primeiras seriam aquelas que abordariam a ciência de um ponto de vista exclusivamente epistemológico, comparando as teorias entre si, explorando sua consistência interna, desvendando a lógica da descoberta, interpretando o papel desempenhado pelos grandes nomes da ciência durante os episódios revolucionários em que estavam envolvidos. Por outro lado, as análises externalistas procurariam estudar o desenvolvimento da ciência tentando desvendar as influências sociais sobre ela, isto é, como as necessidades sociais de diferentes épocas poderiam afetar a temática e mesmo o conteúdo das teorias científicas que dominavam a cena nesses diferentes períodos históricos."*<sup>(5)</sup>

Segundo essa distinção, as leis de Newton, o princípio da conservação de energia, a experiência de Millikan, seriam exemplos de fatores internos, ao lado de outros menos óbvios como estes sugeridos por Kuhn: a idiosincrasia pessoal na escolha de uma teoria e os erros de avaliação teórica (eventualmente corrigidos por

uma geração posterior de cientistas).<sup>(6)</sup> Como fatores externos podemos nomear a economia, a religião, a educação, o desenvolvimento tecnológico, etc.

O filósofo da ciência Imre Lakatos utiliza concepções de história interna e externa diferentes destas, como terei oportunidade de mencionar e criticar mais adiante, quando abordar a questão da reconstrução racional.

A divisão entre essas duas formas de procedimentos históricos é por demais simplificadora<sup>(7)</sup> e não abrange outras formas de fazer ou de apresentar a história da física<sup>(8)</sup>, principalmente quando estamos nos referindo a textos didáticos utilizados nas disciplinas introdutórias dos cursos superiores ou dos destinados ao segundo grau. Nestes textos, quando estão presentes capítulos, apêndices ou notas históricas, temos quase sempre arremédos de história da ciência: são aquelas seqüências cronológicas de datas de grandes invenções, de descobertas sensacionais ou de nascimento e morte das principais personagens envolvidas nesses acontecimentos, acompanhados de ilustrações que representam essas personagens ou seus feitos.

Essa espécie de história factual e cronológica dominou até recentemente mesmo a apresentação da história geral, como também a própria pesquisa em história se resumia na mera composição de átomos elementares e imensoais de acontecimentos em sucessão. É o que o historiador inglês E. H. Carr denomina visão "senso comum" da história: a história que estaria disponível para os historiadores

*"... nos documentos, nas inscrições, e assim por diante, como os peixes na tábua do peixeiro"*<sup>(9)</sup>

bastando que eles os recolham, registrem, sistematizem dados correlatos e os divulguem. Segundo Carr, essa é a visão de história construída pelos historiadores positivistas.

*"Os positivistas, ansiosos por sustentar sua afirmação da história como uma ciência, contribuíram com o peso de sua influência para este culto dos fatos. Primeiro verifique os fatos, diziam os positivistas, depois tire suas conclusões. (...) A teoria empírica do conhecimento pressupõe uma separação completa entre sujeito e objeto. (...) A convicção num núcleo sólido de fatos históricos que existem objetiva e*

*independentemente da interpretação do historiador é uma falácia absurda, mas que é muito difícil de erradicar."*<sup>(10)</sup>

Vemos assim como a visão indutivista ou positivista ingênua dominava fortemente a cena histórica assim como dominava a cena científica.<sup>(11)</sup> Era a crença de que dados da realidade organizados adequadamente forneceriam a verdade da natureza ou do fenômeno científico ou histórico, no seu sentido mais amplo. Ainda seguindo o pensamento de Carr, só tem sentido falar que a história consiste em ver o passado com os olhos do presente, com seus problemas, com a mentalidade que forja o historiador; é esse historiador que vai avaliar os dados, as informações que lhe são fornecidas não apenas pelos dados brutos como também por outros historiadores através de suas descrições factuais (no sentido que isso seja possível) e análises "contemporâneas". Carr sintetiza essa situação com as seguintes palavras:

*"A função do historiador não é amar o passado ou emancipar-se do passado, mas dominá-lo e entendê-lo como a chave para a compreensão do presente."*<sup>(12)</sup>

Portanto, a concepção de história presente nesse importante historiador inglês está muito distante dessa história cronológica, "factual", anedótica, "neutra", com a qual a maioria de nós se deparou nos bancos escolares. Nada mais natural, então, que a mesma forma de história da ciência domine o cenário quando comparece nos livros didáticos.

Agora, uma observação crucial faz-se necessária neste ponto, quando pretendemos defender uma história da ciência que se afaste dessa mera acumulação de fatos. A última citação de E. H. Carr poderia ser interpretada, no que diz respeito à história da evolução do pensamento científico, como a defesa de uma história que simplesmente pretenda estabelecer uma "reconstrução racional" do passado dessa área do saber, isto é, apresenta apenas aquela seqüência de idéias, fenômenos, teorias, que tenham alguma contribuição a dar ao entendimento das teorias atualmente aceitas pela comunidade científica. Esse conceito de "reconstrução racional" foi explicitamente defendido pelo filósofo Imre Lakatos, em seus artigos de linha popperiana, quando sugeria que o historiador deveria chegar a

suprimir ou declarar irrelevante tudo o que lhe parecesse "irracional" à luz de sua concepção de filosofia da ciência, como também deveria "melhorar radicalmente" seu relato sobre o passado, ou seja, reescrever a história da ciência como ela teria se desenvolvido se os cientistas tivessem a todo o momento se comportado racionalmente.<sup>(13)</sup> Essa "reconstrução racional" de Lakatos identifica-se com sua interpretação da história internalista em que ele exclui a idiosincrasia pessoal, os valores e outros fatores que ele descarta de sua classificação racional. Essa posição defendida por Lakatos é criticada por vários autores. Kuhn, por exemplo, não aceita essa posição, argumentando que não se pode avaliar o sucesso de nossa posição filosófica caso façamos seleção e interpretação de resultados científicos com base nessa mesma posição filosófica. É nesse contexto que deve ser entendida a relação entre história e filosofia defendida por Lakatos quando, parafraseando Kant, afirma que

*"A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega."*<sup>(14)</sup>

Tal frase poderia ser defendida por um historiador internalista idealista, como Alexandre Koyré<sup>(15)</sup>, por exemplo, como também por um externalista marxista, como J. D. Bernal. É uma posição coerente com as idéias que venho defendendo ao longo deste trabalho. Porém, acredito que a interpretação que lhe é dada por Lakatos é parcial e distorcida para satisfazer os "baixos instintos" do autor, como diria Feyerabend.<sup>(16)</sup> Aliás, o físico e historiador da ciência Bernal é classificado como um "marxista vulgar", por Lakatos, devido à forte influência de fatores sociais na sua construção (ou reconstrução ?) histórica. E esta posição assumida por Lakatos, ao instruir seu historiador reconstrutivista racional, como classificaríamos ?

*"Deste modo, ao elaborar a história interna, será em alto grau seletivo: omitirá tudo que seja irracional à luz de sua teoria da racionalidade. (...)*

*A história interna não é, exatamente, uma seleção de fatos metodologicamente interpretados; pode ser, às vezes, uma versão radicalmente modificada dos mesmos. (...)*

*Um método de assimilar as discrepâncias entre a história e sua reconstrução racional*

*consiste em expor a história interna no texto, e indicar em notas de rodapé como a história real "discrepa" com relação à sua reconstrução racional."*<sup>(17)</sup>

Ou seja, reconstrói-se a história real de acontecimentos científicos para satisfazer a concepção metodológica que é defendida. Kuhn reage a essa atitude dizendo que

*"Quando um relato histórico exige notas marginais que completem suas construções, chegou o momento de reconsiderar sua posição filosófica."*<sup>(18)</sup>

Essa forma reconstruída (racionalmente ?) de apresentar a história da ciência está presente nos livros didáticos que, por motivações pedagógicas (!) distorcem a história da ciência.<sup>(19)</sup>

Num interessante artigo intitulado "Should the History of Science be rated X?", que pode ser traduzido por "A história da ciência deveria ser proibida para menores de idade ?", Stephen G. Brush discute o papel da moderna história da ciência na educação. Logo no início do artigo ele situa sua preocupação central:

*"Meu interesse neste artigo está relacionado com os possíveis perigos de utilização da história da ciência na educação científica. Vou examinar argumentos de que estudantes jovens e impressionáveis no início de suas carreiras científicas deveriam ser protegidos dos escritos de historiadores da ciência contemporâneos... tais textos violentam o ideal profissional e a imagem pública dos cientistas como investigadores de mente aberta, racionais, que trabalham metodicamente, guiados seguramente pelo resultado de experimentos controlados e procurando objetivamente pela verdade, seja lá isso o que for."*<sup>(20)</sup>

Brush afirma que está havendo um crescente interesse pela história da física, mas ao mesmo tempo há certas reservas como as indicadas pela citação acima. Se um professor estiver interessado em preparar estudantes que irão seguir a carreira acadêmica e terão que publicar artigos num breve intervalo de tempo, seria "mais seguro" para ele evitar a história. Ele diz que há aspectos subversivos na história da ciência. Por exemplo, discute a reorientação sofrida pela história da ciência na década de trinta, após a publicação dos "Estudos Galileanos", de

Alexandre Koyré. Essa obra apresenta uma nova imagem de um Galileu muito pouco experimental, ao contrário da imagem de "pai da física experimental" normalmente associada ao nome do físico italiano. É claro que essa posição de Koyré é bastante polêmica e vários historiadores de renome, como por exemplo Stillman Drake, discordam categoricamente desta imagem de Galileu pintada pelo historiador franco-russo.<sup>(21)</sup> (Kuhn e Feyerabend são mais koyreanos.) Brush alonga-se neste tema oferecendo vários exemplos da física clássica e da física contemporânea. Após essa discussão, ele chega à seguinte posição, que é relevante à linha de discussão que estou desenvolvendo neste trabalho:

*"A conclusão que eu tiraria destes exemplos não é que as experiências não sejam importantes na escolha entre teorias, mas que é dada menos relevância ao teste experimental da hipótese que sua conformidade com sua superestrutura teórica geral ou com teorias mais prestigiosas de ramos afins da ciência."*<sup>(22)</sup>

Ou seja, a sua conclusão joga um pouco mais no time dos historiadores que seguem a linha koyreana. São necessários maiores estudos sobre essa polêmica que é de fundamental importância para a utilização da história. Ainda nessa linha o artigo de Brush aborda a "objetividade", um ideal indissociável da investigação científica para a maioria dos filósofos e historiadores da ciência. E neste ponto Brush toca na discussão que envolve a "reconstrução".

Ele afirma que o professor poderá ficar numa encruzilhada, como a que pode ser encontrada na discussão de uma citação de Dirac presente no volume 1, Mecânica, do Curso de Berkeley.

*"Parece que se alguém está trabalhando a partir do ponto de vista de obtenção de beleza em suas equações, e se esse alguém tem realmente um "insight" seguro, ele está com certeza na linha do progresso. Se não há um completo acordo entre seus resultados e a experiência, não deve desesperar pois a discrepância bem pode ser devida a características menores que não foram levadas em consideração de forma adequada e que desaparecerão com ulteriores desenvolvimentos da teoria."*<sup>(23)</sup>

Porém, o texto do Berkeley prossegue, afirma Brush, recomendando

que os estudantes não sigam ao pé da letra essa recomendação de Dirac, pois apenas as "melhores cabeças do tempo, como Einstein ou Dirac", podem trabalhar adequadamente as sutilezas do "mundo real". Isto é, diz o articulista, o estudante é "encorajado" a assumir que "ele não será um Einstein ou um Dirac". Duas espécies de estudantes e duas espécies de cientistas? O cientista médio do futuro é o estudante médio de hoje que não pode ser "impressionado" com os rigores dessa história da sua futura profissão, sem perturbar a crença na objetividade, do papel crucial da experimentação como porto seguro da melhor teoria e do "publish or perish" que é a espada de Damocles permanentemente presente sobre a cabeça dos pesquisadores. Exagero? Nem tanto, como bem sabe quem vivencia o cotidiano dos maiores centros de pesquisa do mundo. Assim, essa reação à história da ciência, dita "subversiva" por Brush, encontra respaldo tanto institucional como também "inconsciente", constituindo algo semelhante ao que o filósofo Gaston Bachelard denominava "obstáculo epistemológico".

É interessante citar ainda algumas reflexões finais de S. G. Brush:

*"Eu sugiro que o professor, que deseja doutrinar seus estudantes no papel tradicional do cientista como um investigador neutro, não deveria usar os materiais históricos da espécie que está sendo preparada agora pelos historiadores da ciência: eles não servirão a seus propósitos. (...) Por outro lado, aqueles professores, que desejam neutralizar o dogmatismo dos textos didáticos e transmitir algum entendimento da ciência como uma atividade que não pode estar divorciada de considerações metafísicas ou estéticas, podem encontrar algum estímulo na nova história da ciência."*<sup>(24)</sup>

A pregação da "reconstrução racional" do desenvolvimento científico está presente nos escritos de uma série de filósofos e historiadores da ciência que procuram levar avante o ideal contido na primeira parte da citação acima.

Algo semelhante a essa reconstrução é destacado por outros autores sob outros nomes. Assim é que o historiador da ciência Martin J. Klein utiliza o termo "pseudo-história" que poderia ser exemplificada por frases do tipo "Isto é o que as pessoas pensavam em 1829 e isto é o que nós pensamos agora", ou seja, um procedimento que leva a escolher exemplos, conceitos e situações que têm uma

importância para a física de hoje e que nos leva a escrever a história de trás para a frente.<sup>(25)</sup> Por outro lado fala-se também de "quase-história" que seria uma história que sustenta os fatos num referencial que os faz ter sentido. M. A. B. Whitaker fornece uma série de exemplos de "quase-história" da física contemporânea presente nos livros didáticos de nível universitário. Este autor menciona também o fato de que este tipo de história elimina a dimensão social do desenvolvimento científico.<sup>(26)</sup>

Comparando-se esta discussão sobre os vários tipos de reconstrução histórica com a função do historiador mencionada algumas páginas atrás, faz-se necessária uma observação importante. Enquanto a reconstrução quer, a meu ver, justificar a visão de mundo fornecida pela física contemporânea olhando para uma linha comprovatória que vai dessa visão e retrocede até os mais antigos "defensores primitivos e/ou ingênuos" (isto é, a história da ciência só seria importante enquanto confirmação do presente), a função para a história dada por Carr é completamente distinta. O papel da história seria o de permitir uma compreensão mais rica tanto do passado como, e principalmente, do presente. Ou, com as palavras de Carr:

*"O passado é inteligível para nós somente à luz do presente; só podemos compreender completamente o presente à luz do passado. Capacitar o homem a entender a sociedade do passado e aumentar o seu domínio sobre a sociedade do presente é a dupla função da história."*<sup>(27)</sup>

Creio que essa afirmação de Carr aplica-se também para o caso da história da física. É para a moderna história da ciência, para a qual Brush utiliza a qualificação de "subversiva", que temos de nos referir como um exemplo dessa função da história presente em Carr. E aqui eu me refiro não somente à tendência internalista, que é a visada no artigo de Brush, como também à tendência externalista. Ou seja, o referencial social no qual determinado desenvolvimento científico foi produzido e o referencial epistemológico respectivo devem favorecer a compreensão e o domínio sobre as teorias aceitas como válidas atualmente, bem como a compreensão das teorias do passado.

Neste ponto cabe falar do conceito de "história recorrente" presente em Gaston Bachelard. Esse conceito guarda certa analogia com a interpretação que

Thomas Kuhn oferece para não aceitar que a mecânica Newtoniana seja um caso particular da relatividade de Einstein como já mencionamos no capítulo anterior. Eis o que diz Bachelard:

*"Vê-se, então, a necessidade educativa de formular uma história recorrente, uma história que esclareça pela finalidade do presente, uma história que parta das certezas do presente e descubra, no passado, as formações progressivas da verdade. Assim, o pensamento científico se afirma no relato de seu progresso. Essa história recorrente aparece nos livros de ciência atuais sob a forma de preâmbulo histórico. Mas não raro ela é abreviada. Ela esquece muitos intermediários. Ela não prepara suficientemente a formação pedagógica dos diferentes limiares de cultura."*<sup>(28)</sup>

É a partir desse tipo de análise que Bachelard atribui grande importância à história da ciência. E sua concepção de história da ciência envolve o conceito de "recorrência". A história da ciência seria recorrente na medida em que se esclarece pela finalidade do presente, isto é, percorrendo o passado da ciência tendo já percorrido o seu presente. Construindo um encadeamento entre as sucessivas idéias científicas, numa interação dialética, que vai compor uma estrutura ordenada, racional e plena de objetividade. Numa afirmação muito próxima à de Carr, já mencionada, vamos ver Bachelard dizendo que o

*"... historiador da ciência só pode julgar o passado se conhece o presente.*

(...)

*É o presente que ilumina o passado e lhe dá sentido, permitindo-lhe reviver."*<sup>(29)</sup>

Assim como E. H. Carr critica a concepção "whig"<sup>(30)</sup> de se praticar a história, assim também a história da ciência preconizada por Bachelard não se acomoda a uma concepção que envolva a "reconstrução racional": Bachelard entendia que a visão de mundo fornecida pelas teorias contemporâneas da física oferecia um novo referencial a partir do qual as teorias clássicas ou ainda as idéias mais antigas poderiam ser avaliadas no momento de sua criação, porém levando em consideração as peculiaridades epistemológicas então vigentes. Da mesma forma pode-se afirmar que, segundo a visão de Bachelard, as teorias físicas do presente de modo algum podem ficar limitadas a receber seu sentido e explicação a partir das teorias do passado. É, de novo, um processo dinâmico de duas mãos: uma que vem

do passado ao presente, outra que vai do presente ao passado. A releitura de Newton realizada no século XIX não é igual à sua leitura no início do século XVIII. O contexto é outro, é outra a epistemologia. Isto é coerente com a seguinte conclusão de Mário Schenberg:

*"A História da Ciência mostra assim que idéias aparentemente incorretas são posteriormente válidas e que haviam correspondido a intuições profundas.*

*Vemos então que a evolução dos conceitos da Física é algo paradoxal e extremamente interessante porque não é processo retilíneo, mas um verdadeiro zigzague. Contudo, a ciência vai progredindo, cada vez descobrindo novas verdades. Mesmo quando se volta para uma idéia que já existia antes, não se volta do mesmo modo com que ela havia sido formulada anteriormente."*(31)

Fica assim estabelecida uma crítica aos que entendem a história da ciência como uma sucessão progressiva em desenvolvimento, um mero acúmulo linear de fatos, descobertas, invenções, dando a impressão de uma seqüência de herdeiros fiéis aos seus ancestrais. Elyana Barbosa sintetiza a concepção de história da ciência de Bachelard com as seguintes palavras:

*"A concepção de Bachelard de recorrência histórica mostra que se a história da ciência pode apontar, muitas vezes, uma certa continuidade nos problemas investigados é porque os continuistas da cultura fazem um relato contínuo dos acontecimentos, ucreditando reviver os acontecimentos na continuidade do tempo e desta maneira toda história parece ter a unidade e a continuidade de um livro."*(32)

É preciso deixar claro que, se por um lado a recorrência histórica de Bachelard não pode ser confundida com a reconstrução racional<sup>(33)</sup>, por outro lado, ela não pode ser traduzida como sendo a busca dos precursores, tão normal de acontecer na historiografia tradicional. É inevitável que, vitoriosa uma determinada explicação do mundo, procuremos no passado seus antecessores e os interpretemos à luz dessa explicação. Porém, é necessário enquadrá-los no seu contexto histórico e epistemológico.

*"O escritor argentino Jorge Luis Borges, num de seus escritos, afirma que em cada período histórico um autor inventa os seus predecessores. Pode-se dizer que com a publicação dos "Principia" de Isaac Newton, há exatamente trezentos anos, ou*

*melhor ainda, com a aceitação da mecânica newtoniana, a partir do século XVIII, inicia-se uma espécie de "arqueologia" do pensamento pré-newtoniano buscando descobrir raízes, as fontes de inspiração, os personagens, os acontecimentos históricos, enfim, todo o clima que permitiu o nascimento da mecânica moderna."*(34)

Agora um alerta é necessário. Assim como a recorrência histórica não é a reconstrução racional, a invenção de predecessores não pode ser confundida com a busca de precursores. No precursor está subentendida uma qualidade que vai muito além da antecedência temporal. Na figura do precursor está pressuposta aquela continuidade histórica que apresenta a ciência como um suceder cumulativo e linear de conceitos, experimentos, leis e teorias, sem contradições, racionalmente racional. É a inexistência da história. Um texto de Georges Canguilhem é bastante esclarecedor com relação a este aspecto:

*"A bem dizer, se existissem precursores, a História das ciências perderia completamente o sentido, visto que a própria ciência só aparentemente teria dimensão histórica (...) Um precursor seria um pensador, um investigador que tivesse em tempos percorrido parte do caminho acabado recentemente por um outro. A complacência em procurar, encontrar, celebrar precursores é o sintoma mais evidente da incapacidade de crítica epistemológica. Antes de pôr ponta a ponta dois percursos num caminho, convém assegurar-se se se trata efetivamente do mesmo caminho. Num saber coerente um conceito relaciona-se com todos os outros. Apesar de ter feito uma suposição de heliocentrismo, Aristarco de Samos não é um precursor de Copérnico, embora este se apóie naquele. Mudar o centro de referência dos movimentos celestes, é relativisar o alto e o baixo, mudar as dimensões do universo, em resumo compor um sistema. Mas Copérnico criticou o fato de todas as teorias astronômicas anteriores à sua não serem sistemas racionais. (...) O precursor é, assim, um pensador que o historiador pensa poder extrair do respectivo enquadramento cultural para o inserir num outro..."*(35)(grifos meus)

No seu livro "La formation de l'esprit scientifique" Bachelard destaca "três grandes períodos na história da ciência":

1º: "Estado pré-científico", que corresponde à Antiguidade clássica, aos séculos do Renascimento e aos novos esforços dos séculos XVI, XVII e XVIII;

2º: "Estado Científico", em preparação no final do século XVIII e que se estende pelo século XIX e começo do XX;

3º: "Novo Espírito Científico", que se instaura com o advento da ciência contemporânea.

Para Bachelard o "espírito científico" também passa por três estágios:

1º: estado concreto, que é ligado diretamente aos fenômenos;

2º: estado concreto abstrato, que adjunta esquemas geométricos às experiências;

3º: estado abstrato, que é o que acompanha a ciência contemporânea.<sup>(36)</sup>

Embora possa se discordar dessa forma estruturalista de conceber a história da ciência em estados e a de situar a física de Newton num período que ele denomina de "pré-científico", é clara a concepção dinâmica de vislumbrar o desenvolvimento do conhecimento científico, ao contrário da concepção estática apresentada pelos livros didáticos. Aqui seria interessante fazer um paralelo com a chamada "invisibilidade das revoluções científicas" presente no livro "A estrutura das revoluções científicas" de Kuhn, isto é, a ausência dos episódios revolucionários da ciência nos textos didáticos e nos livros de divulgação; há uma dissimulação sistemática sobre a existência e significado das revoluções científicas. Ou seja, reforçando mais uma vez a tendência histórica apontada nos autores citados acima, a apresentação "didática" deixa entrever que desde o início de uma atividade de investigação os cientistas teriam procurado atingir um objetivo que está incorporado nos paradigmas dominantes de hoje. É o que Kuhn deixa claro em seu livro, quando analisa a educação de um jovem pesquisador que é iniciado na sua profissão através desses manuais "reconstruídos" no sentido já mencionado.

Kuhn não deixa explícita sua defesa da utilização de história da física, dos clássicos, de textos críticos com relação ao desenvolvimento científico, porém, entendendo que ele faz um bom diagnóstico da educação científica. Ele concebe uma funcionalidade no treinamento de um jovem cientista nas tradições fornecidas pelos paradigmas em vigor, isto é, os manuais são "ruínas" enquanto fornecedores de uma

retrospectiva dos diferentes matizes contidos num determinado campo de pesquisa, porém acabam sendo necessários para "perpetuar" a ciência normal e, num futuro qualquer, permitir a eclosão da crise que leva à mudança paradigmática. Não concordo, por outro lado, com alguns autores que chegam a afirmar que Kuhn prescreve uma educação dogmática nos paradigmas vigentes com o intuito de "formar" um cientista normal. É, por exemplo, essa a tese de Harvey Siegel que argumenta que o papel dos textos didáticos na educação científica é muito diferente do papel entrevisto por Kuhn. Para Siegel os livros didáticos devem funcionar como desafios para os estudantes e assim serem consonantes com os altos objetivos gerais da educação em ciência, isto é, o pensamento crítico.<sup>(37)</sup> Porém, por outro lado, Siegel não aceita a proposta de Kuhn para o desenvolvimento científico, aproximando-se dos que propugnam uma objetividade mais ortodoxa para o conhecimento científico, apoiando-se principalmente nas teses de Popper e Scheffler<sup>(38)</sup>. Assim, o seu conceito de pensamento crítico assenta-se na concepção defendida por Popper, do cientista permanentemente preparado para refutar a teoria de forma objetivo-racional, como resumida no capítulo anterior. É principalmente aquele criticismo-empírico que "protege" a ciência de deslizos metafísicos, de apelos "irracionais", enfim, de perda de objetividade, que uma proposta que menciona a "incomensurabilidade entre paradigmas rivais" pode provocar na ciência. Siegel afirma em outro trecho de seu trabalho que Kuhn defende que a educação em ciência distorce e deve distorcer a história da ciência. Apenas para dar um exemplo do tipo de argumentação utilizada por Siegel vamos ver seus comentários sobre o seguinte trecho de um artigo de Kuhn:

*"... (o estudante não é) encorajado a ler clássicos históricos de seu campo - trabalhos nos quais ele pode descobrir outros modos de ver os problemas discutidos nos seus textos, mas nos quais ele também encontraria problemas, conceitos e padrões de solução que sua profissão futura há muito descartou e substituiu."<sup>(39)</sup>*

São os seguintes os comentários do Siegel sobre esse texto de Kuhn:

*"A sugestão de Kuhn é que estes problemas, conceitos e padrões de solução ferirão o desenvolvimento científico do estudante, desde que eles não são problemas e padrões aceitos pelo paradigma no qual o estudante está sendo*

doutrinado. Mas isto é ter uma visão pessimista das capacidades críticas do estudante.<sup>(40)</sup>

Não sei onde Siegel foi encontrar evidências para tirar tal conclusão. Em primeiro lugar, o artigo do qual ele extraiu o pequeno trecho acima citado foi publicado em 1959, três anos antes da publicação da "Estrutura das revoluções científicas". É verdade que nesse artigo Kuhn dá a entender que um cientista bem sucedido é aquele que se compromete com determinados paradigmas e que eventualmente chega à anomalia. Mas ele não diz que a história da ciência deve ser distorcida (reconstruída como defendem alguns popperianos) ou que vá ferir seu desenvolvimento científico. Assim, não creio que se possa utilizar a proposta kuhniana para afirmar que ela é pró utilização de uma história da ciência reconstruída de forma ad hoc. Ao contrário, embora Kuhn, em seus trabalhos posteriores, tenha se afastado da "radicalidade" apresentada na "Estrutura", sua análise mais completa comparece nessa obra e não se pode tirar uma prescrição onde Kuhn é essencialmente descritivo.

Ainda no mesmo trabalho Siegel oferece um exemplo "não kuhniano" de educação científica, o Project Physics Course, que utiliza em larga escala a história da física, com alguns volumes de leituras em que comparecem alguns clássicos bem como trechos históricos de autores diversos. Aliás, Siegel utiliza todo um artigo para aprofundar esse seu exemplo. Como procurarei esclarecer em capítulo posterior, o Project Physics Course tem uma proposta por diversas razões elogiável e, no meu entender, aproxima-se muito da tentativa de modificar o ensino de física nos moldes que indiretamente se pode extrair de uma leitura não-funcional do Kuhn. Veremos isso mais adiante. Aqui apenas quero discordar da conclusão de Siegel em seu artigo:

*"Neste artigo argumentei que a visão de Kuhn da história da ciência na educação científica é inadequada. Sua reivindicação de que os livros didáticos de ciência distorcem e deveriam distorcer a história da ciência é errada por duas razões. Primeiro, nem todos os textos distorcem - o PPC é um exemplo desses textos. Segundo, ele não mostrou que os textos deveriam distorcer..."*<sup>(41)</sup>

Uma avaliação preliminar sobre o Projeto Harvard, como também é

conhecido entre nós o citado projeto de ensino de física, leva-me a entendê-lo como um contra exemplo daquela educação dogmática, autoritária, a-histórica, tecnicista por excelência e

*"... rígida e estreita, mais do que qualquer outra, provavelmente - com a possível exceção da teologia ortodoxa"*<sup>(42)</sup>, repetindo aqui as palavras de Kuhn, já citadas anteriormente.

Essa mesma avaliação crítica com relação à pretensa "proposta" de educação de jovens pesquisadores a partir da teoria da ciência de Kuhn é também partilhada por Feyerabend e Popper. O último chega a afirmar que infelizmente a ciência normal descrita por Kuhn realmente existe mas que é uma ciência menor; o chamado cientista "normal" seria um indivíduo que estaria praticando algo perigoso para a ciência real, estaria desvirtuando a característica mais nobre do verdadeiro cientista: o pensamento crítico<sup>(43)</sup>. Eis, por exemplo, o que diz Popper num artigo em que tece considerações acerca da obra de Kuhn:

*"A meu ver, o cientista "normal", tal como Kuhn o descreve, é uma pessoa da qual devemos ter pena. (...) O cientista "normal", a meu juízo, foi mal ensinado. Acredito, e muita gente acredita como eu, que todo o ensino de nível universitário (e se possível de nível inferior) devia consistir em educar e estimular o aluno a utilizar o pensamento crítico. O cientista "normal", descrito por Kuhn, foi mal ensinado. Foi ensinado com espírito dogmático: é uma vítima da doutrinação. Aprendeu uma técnica que se pode aplicar sem que seja preciso perguntar a razão pela qual pode ser aplicada (sobretudo na mecânica quântica). Em consequência disso, tornou-se o que pode ser chamado cientista aplicado, em contraposição ao que eu chamaria cientista puro."*<sup>(44)</sup>

E como Popper afirma que Kuhn considera normal o cientista "normal", isto é, atribui funcionalidade à tarefa desempenhada por esse "cientista menor" no desenvolvimento da ciência, conclui que Kuhn favorece exatamente o "treino" nessa ciência menor.

Por outro lado, Feyerabend também, embora em outros termos e com outro enfoque, entende que Kuhn defende a educação "normal" do estudante/cientista:

*"Ele defende não só o uso de suposições teóricas, mas também a escolha exclusiva de um conjunto particular de idéias, a preocupação monomaniaca com um ponto de vista isolado. E defende tal modo de proceder porque este último desempenha um papel na ciência real tal como ele a vê."*<sup>(45)</sup>

Acredito que Feyerabend, como retruca o próprio Kuhn, confunde a descrição do que fazer científico, representada pela ciência normal e sua funcionalidade institucional, com uma prescrição, com uma lição de fazer ciências. Como disse, Kuhn responde a essas críticas:

*"Em parte por haverem eles interpretado erroneamente minha prescrição (...) tanto Sir Karl quanto Feyerabend encontram ameaça na atividade que descrevi. É "capaz de corromper-nos o entendimento e diminuir-nos o prazer" (Feyerabend); é "um perigo ... de fato para a nossa civilização" (Sir Karl). Não sou conduzido para essa avaliação, nem o são muitos dos meus leitores, mas nada no meu argumento depende de um erro que ele possa encerrar. Explicar por que uma atividade funciona não é aprová-la nem desaprová-la."*<sup>(46)</sup>

Como espero já ter deixado claro no capítulo anterior, não nutro muitas simpatias pela teoria da ciência de Karl Popper, embora reconheça que sua leitura é muito útil para desmontar muitos argumentos positivistas ingênuos que defendem uma ciência muito próxima do velho método indutivo. A qualidade das críticas elaboradas por este filósofo difere muito daquelas feitas por Feyerabend, algumas, a meu ver, procedentes, quando Kuhn não avança em direção a uma posição crítica àquela rigidez educacional por ele apontada. Apesar disso, creio que tanto Kuhn quanto Feyerabend, assumem um caráter mais humanitário, menos rígido e com a possibilidade de participação de elementos criativos, inimagináveis no modo popperiano de ver a teoria da ciência. Assim, as propostas de Kuhn, Feyerabend e Bachelard pressupõem a utilização de uma história da ciência "não-reconstruída", embora com diferentes ênfases. Enquanto para Kuhn a história pode ser importante por fornecer elementos que permitirão maior variedade de hipóteses para resolver as futuras crises, Feyerabend é mais óbvio quando prescreve

explicitamente uma educação que privilegie a proliferação de teorias. Por outro lado, Bachelard, com sua história recorrente, prevê a utilização da história da ciência crítica e com os devidos cuidados para não ficar amarrado ideologicamente nos obstáculos epistemológicos.

Quase tudo o que foi afirmado e discutido até agora refere-se à formação universitária de profissionais que terão a física, ou as ciências naturais de uma maneira geral, como objeto prioritário de estudo e trabalho. E entre esses profissionais eu incluo todos aqueles que serão professores, tanto os dos cursos universitários quanto os que darão aulas no segundo grau ou, eventualmente, no primeiro grau.

Como fica essa mesma discussão quando nosso objeto de preocupação é a educação do cidadão contemporâneo que, muito provavelmente, não vai seguir uma carreira científica nem mesmo vai ser aluno de algum curso superior? Procurarei responder a esta questão ao final deste e no último capítulo.

De tudo que foi argumentado fica clara a necessidade de se alterar a educação universitária pela inclusão de elementos de história da física e filosofia da ciência de maneira sistemática e não, como acontece nos cursos brasileiros, como um apêndice superficial incluído em geral no último ano de curso.

*"Descartes queria fazer-nos crer que não lera quase nada. Essa asserção era um tanto exagerada. Assim mesmo, é bom estudar a descoberta dos outros de uma maneira que nos revele a fonte das descobertas e as torne de certo modo nossas. E eu gostaria que os autores nos contassem a história das suas descobertas e os passos que deram para chegar a elas. Quando eles deixam de fazê-lo, devemos tentar adivinhar esses passos, a fim de aproveitar o mais possível os seus trabalhos. Se os críticos quisessem fazer isso para nós quando comentam os livros eles prestariam grande serviço ao público."*

Leibniz<sup>(47)</sup>

Apesar de toda a oposição que certamente a inclusão da história da ciência sofre e sofrerá, essa é uma medida que acredito irá se impor com o avanço de uma educação problematizadora mesmo a nível universitário. Essa oposição era assim situada por Paulo Cesar Coelho Abrantes, em sua tese de mestrado de 1978:

*"A resistência que encontramos nos meios educacionais a esta alternativa não é mais do que um reflexo da ideologia anti-histórica da profissão científica. Essa resistência se fundamenta sobre a ignorância da natureza do "conhecimento científico" e não pode portanto invalidar a proposição."*<sup>(48)</sup>

Como Paulo Abrantes destacava em seu trabalho, não é de todo evidente de que história da física nós estamos pensando. (Que há diferentes concepções de história, creio que já deixamos suficientemente estabelecido nas páginas anteriores, bem como também a condenação da reconstrução do conhecimento científico de tal forma a mostrar o encaminhamento lógico até as teorias hoje aceitas.) A minha argumentação vai no sentido de fazer uma "construção" racional, crítica, polêmica, instigadora do imaginário, desveladora do "segredo do mundo" da física clássica e pré-clássica<sup>(49)</sup>, que revele além dos sucessos também os fracassos ocorridos ao longo do desenvolvimento da física, enfim, uma história que apresente o caráter dinâmico que foi característica do passado e que, certamente, com uma educação inovadora será ainda mais dinâmica. Além, é para ressaltar esse aspecto dinâmico que Oswaldo Mello Souza Filho, em outra tese de mestrado, destaca o papel da história da ciência. Em seu trabalho, Oswaldo Mello divide uma teoria física em três aspectos complementares:

i. local: constituído pelos componentes básicos da teoria tomados isoladamente como, por exemplo, os conceitos, definições auxiliares, leis empíricas, etc:

ii. estrutural: que é constituído pelas ligações entre aqueles componentes;

iii. dinâmico: que se confunde com o desenvolvimento histórico da teoria.<sup>(50)</sup>

Oswaldo Mello sugere inclusive o momento em que deve entrar a história da física: após a apreensão do conhecimento local e estrutural que serviriam de referencial para o "distanciamento crítico" (à la Brecht). Assim, há

inicialmente uma fase de imersão no paradigma vigente pelo domínio dos aspectos local e estrutural que é o que ocorre nos cursos de física; apenas após essa fase é que poderia ocorrer a emergência do paradigma, num sentido freireano de educação. Assim

*"A emergência ocorre quando a submissão, produzida pela imersão a-crítica no paradigma, é rompida. Esse rompimento é estabelecido quando se relativiza a idéia de exclusividade e poder do paradigma. Essa relativização, que se faz mediante o confronto de estruturas de pensamento e cosmovisões conflitantes não implica o abandono do paradigma. Portanto, a História da Ciência é um instrumento importante e fundamental para essa relativização."*<sup>(51)</sup>

Notamos assim que nesse trabalho a conceituação de teoria física e sua constituição é adotada como corroboradora da introdução sistemática do estudo da história das ciências. Uma observação sobre a seqüência imersão-emergência: creio que não há necessidade de estabelecimento de uma hierarquia tão rigorosa entre esses dois instantes de aquisição do conhecimento; em determinadas circunstâncias a abordagem histórica pode anteceder a familiarização com conceitos básicos do paradigma em questão.

Apesar de minha posição otimista quanto ao uso da história da ciência no ensino, além da crítica contida no debate reconstrução versus uma história dinâmica da ciência, na qual os aspectos internalista e externalista estejam contemplados num balanceamento "racional", há ainda um debate de outra qualidade em torno dos prós e contras a utilização da história da ciência no ensino/aprendizagem, envolvendo historiadores da ciência de variadas tendências.

No que diz respeito à utilização da história da física no ensino, esse debate foi mais intenso a partir da década de 60 que envolveu, nessa década, a "International Commission on Physics Education" levando-a, por sugestão de Gerald Holton<sup>(52)</sup>, a organizar um simpósio no Massachusetts Institute of Technology em 1970. Esse simpósio tinha pelo menos dois polos de discussão importantes envolvendo dois acontecimentos marcantes: de um lado a repercussão do livro de Kuhn ("Estrutura") que, como vimos, apontava, para muitos historiadores, a inutilidade do uso de história; de outro lado, e em direção oposta a essa avaliação, o

surgimento do Harvard Project Physics.<sup>(53)</sup> Nesse simpósio o historiador da física Martin J. Klein expressava uma posição cética quanto à utilização da história da física pois, se no ensino de física é esta que deve ser o "elemento de controle", o resultado será uma má história da física que será desenvolvida para ser utilizada como auxiliar no ensino. Para Klein isso seria a "reconstrução" já comentada páginas atrás.<sup>(54)</sup> Paulo Abrantes, comentando esse simpósio, afirma que o historiador da ciência Elkana perguntava se se estava satisfeito com os melhores físicos que são produzidos pelo sistema educacional tradicional, chegando a sugerir que havia necessidade de se aplicar um modelo de desenvolvimento do conhecimento que seja fundado na história.<sup>(55)</sup> Fazendo um balanço desse simpósio de 1970, quase duas décadas após sua realização, Heilbron afirma que

*"O simpósio de 1970 enfrentou um grande paradoxo: ao mesmo tempo que a história da ciência aumentava sua eficácia, seu potencial para o ensino de física declinava."*<sup>(56)</sup>

Heilbron acredita que a história da física tem muito a ajudar o ensino de física. Ele inclusive comenta em seu artigo o resultado de um levantamento sobre a situação do ensino de física nos Estados Unidos que indicou um considerável declínio do interesse pela física tanto na educação geral como na universitária, destacando que a história da ciência pode ajudar a inverter não só essa situação, como ajudar a melhorar a qualidade do ensino de ciências.<sup>(57)</sup>

Neste ponto cabe mencionar a posição de Georges Canguilhem<sup>(58)</sup> quanto ao papel que a história das ciências pode e deve desempenhar numa aula de ciências. Numa "pedagogia sem história", um determinado "fato" científico só encontra espaço no cenário de uma metodologia empiricista ou positivista desprovida da riqueza dinâmica contida na história "real" das ciências.<sup>(59)</sup>

Mesmo aqui no Brasil o debate em torno da utilização da história da ciência no ensino causa posições opostas. Por exemplo, Paulo Abrantes entende que

*"... o ensino da História da Ciência não deve ser misturado com o ensino de Ciências porque isso tende a reduzir o potencial crítico que essa história pode ter para a formação do indivíduo. Talvez não para o cientista em sua prática."*<sup>(60)</sup>

Entendo que a posição de Paulo Abrantes é a de separar a formação

especificamente científica, no sentido do domínio de teorias, da formação mais abrangente que considere aspectos epistemológicos, a inserção da ciência na sociedade e na cultura. Acredito que, no que respeita à educação geral de um indivíduo, Abrantes defenderia o uso da história da ciência, embora tenha dúvidas a respeito do seu papel na formação do cientista. Por outro lado, outro historiador da ciência, Roberto Martins, tem posição bem diferente da do anterior. Afirma ele:

*"... se a gente quer formar um cientista, este tem que saber como a ciência é construída e não apenas o resultado final. Eu vejo a utilidade do conhecimento histórico para o professor de física no sentido dele ser capaz de ensinar melhor o conteúdo do que está no livro texto."*<sup>(61)</sup>

Vemos como esta discussão está longe de terminar. Porém uma conclusão preliminar pode ser colocada claramente neste ponto: embora haja dúvidas quanto à eficácia da história na aprendizagem do formalismo da física e de suas aplicações, há mais consenso quanto ao papel humanizador da história, o papel de atenuar o peso da aplicação das ciências naturais no desenvolvimento tecnológico contemporâneo ou, como diz Heilbron,

*"Chegamos à conclusão singular de que a associação com a história pode ser o caminho mais promissor pelo qual a ciência pode salvar-se de ser subjugada pelos seus sucessos tecnológicos."*<sup>(62)</sup>

Desta forma, há vários motivos que me levam a defender a utilização da história da física no ensino de física:

i. A recuperação da física enquanto uma área do conhecimento que tem muito a contribuir na formação cultural geral de um cidadão contemporâneo. Ao lado do algoritmo, da aplicação na solução de determinados problemas importantes, (por exemplo, a "física das coisas"), a história da física oferece o aspecto dinâmico de uma área do conhecimento em evolução e/ou mudança.

ii. A história da física oferece situações exemplares de rica utilização do imaginário, tão vital tanto para o cientista quanto para o cidadão contemporâneo.

*"Estive lendo velhos livros de ótica e neles descobri muitas coisas melhores do que as novidades de hoje. Os matemáticos estrangeiros estão descobrindo*

*agora, por seus próprios meios, métodos que já eram bem conhecidos em Cambridge em 1720, mas que caíram no esquecimento."*

Maxwell<sup>(63)</sup>

iii. Uma formação crítica necessária para a luta pela transformação social passa pela compreensão da construção do conhecimento e não apenas de seus sucessos: isto traz implícito o propósito de desmistificar e humanizar a prática científica, ao mesmo tempo oferecendo condições para discutir a apropriação do conhecimento pelas classes dominantes. Ou seja, a história que leve em conta os fatores sociais do desenvolvimento científico. (Este é um ponto que ainda foi pouco trabalhado mas que é tema do próximo capítulo.)

iv. A história da física pode ser de grande valia também na seleção do conhecimento em física que deverá participar do currículo das escolas.

Com relação à participação da história da física na seleção de temas e formas de procedimento no ensino da física não podemos ignorar as pesquisas sobre concepções espontâneas<sup>(64)</sup>, desenvolvidas principalmente durante a última década, em particular às vinculadas com os conceitos de mecânica. Afinal, a leitura de alguns estudos históricos sobre Galileu e Descartes<sup>(65)</sup> sugerem que muitas de suas dificuldades em conceituar "adequadamente" o movimento têm certa semelhança com essa investigação contemporânea sobre a conceituação "espontânea". A idéia persistentemente presente ao longo dos muitos anos de estudo de Galileu e Descartes, dando conta de uma espécie de "fotografia do movimento", com o conseqüente desaparecimento do conceito de "tempo" na análise, por exemplo, do movimento de queda dos corpos, e a aparente confusão instalada na cabeça "espontânea" de estudantes contemporâneos caminhando mais ou menos na mesma direção, é motivo mais que suficiente para esse tipo de associação. Num recente trabalho sobre essa temática, Yassuko Hosoume, ao estudar os conceitos de "distância percorrida", "trajetória", "intervalo de tempo" e "velocidade", particularmente no tocante à dependência do intervalo de tempo com o referencial, encontrada em muitas respostas dos indivíduos pesquisados, lança a hipótese de que o intervalo de tempo possa ser caracterizado através da

intermediação da distância percorrida e/ou da velocidade. Eis a que conclusão ela chegou:

*"Uma análise dessa natureza apresentou várias dificuldades. A primeira foi o reduzido número de respostas apresentando uma relação entre grandezas. A segunda foi o comparecimento de respostas que se referiam a uma grandeza diferente daquela proposta para análise; por exemplo, a pergunta se referia ao intervalo de tempo e a resposta à distância percorrida, como se estivesse implícita uma relação direta entre elas."*<sup>(66)</sup>

Esta observação é muito próxima daquela apontada por Alexandre Koyré nos seus "Estudos galileanos" quando fala em "excessiva geometrização" praticada tanto por Galileu quanto por Descartes, na sua análise do movimento de queda dos corpos, quando estes tomam a "distância percorrida" e não o tempo na discussão da velocidade do movimento. Ao Galileu de 1604<sup>(67)</sup>, Koyré lança o seguinte comentário:

*"Galileu, uma vez mais, geometriza em excesso e transfere para o espaço o que é válido para o tempo."*<sup>(68)</sup>

É claro que mais tarde Galileu chega à solução correta do problema de queda - algo a que Descartes nunca alcançará, como afirma Koyré - porém, o fato dele e Descartes terem permanecido no erro durante muitos anos é o que é significativo neste relato.

Quase no final de seu trabalho Yassuko Hosoume, conclui:

*"... podemos dizer que talvez os conceitos encontrados ao longo da História da Ciência possam servir como sugestões para novas interpretações do modo de pensar dos estudantes, onde as idéias de "espaço absoluto", "movimento próprio", "observadores privilegiados" parecem bastante arraigadas e concorrendo com a Física clássica ensinada na escola."*<sup>(69)</sup>

Transparece nessas palavras o conceito de "obstáculo epistemológico" de Bachelard.

Investigações deste tipo vem reforçar a tese da importância da história da ciência, aqui no seu aspecto mais marcadamente epistemológico, no ensino de física ou de outras ciências. Galileu e Descartes, entre outros, podem

muito bem ajudar a transpor a barreira para a compreensão de conceitos básicos de física.

Quero deixar claro que defendo o uso de uma história interna "real" das ciências, isto é, aquela que leva em consideração a totalidade intelectual em que está inserido não só o tema de estudo e sua época, mas também o historiador e sua época. Isto está de acordo com Canguilhem, por exemplo, que afirma que:

*"Uma história das ciências que trata uma ciência na sua história como uma sucessão articulada de fatos da verdade não tem que se preocupar com ideologias. É compreensível que os historiadores desta escola abandonem a ideologia aos historiadores das idéias, ou, no pior dos casos, aos filósofos."*(70)

Nessa crítica de Canguilhem aos positivistas está implícita sua inclinação pela história real das ciências. É a defesa de uma história epistemológica das ciências, aquela que procura descobrir, analisar e avaliar como os problemas surgiram, foram investigados, tiveram solução ou desapareceram de cena.(71) É essa história que é praticada por Koyré, por Canguilhem, por Geymonat, por Kuhn e, em certa medida, por Solla Price, apenas para mencionar alguns nomes destas últimas décadas.

Por outro lado, se essa história real das ciências ficasse reduzida apenas à sua histórica epistemológica interna, não estaria oferecendo a riqueza e dinâmica das relações históricas entre os diversos componentes da organização social, em particular dos diferentes interesses das classes sociais em luta. E aqui poderiam ser incluídos os nomes de Bernal, Needham, Hessen, e até mesmo os de Kuhn e Geymonat. A história real das ciências deve aceitar uma "relativa autonomia"(72) das diferentes áreas do saber em determinados períodos "normais" de seu desenvolvimento. Que o balanço entre os aspectos interno e externo não é uma das tarefas mais simples e imediatas pode ser aferido pelas palavras do historiador marxista inglês Perry Anderson que, ao discutir níveis de autonomia de diferentes áreas do saber, afirma:

*"Não esperemos que a física ou biologia nos forneçam os conceitos*

*necessários para pensar seu surgimento como ciência. Para tal propósito, é preciso um outro vocabulário, ancorado em um contexto convencionalmente considerado mais de "descoberta" do que de "validação". Para serem seguros, os princípios de inteligibilidade da história dessas ciências não são simplesmente externos a elas. Pelo contrário, o paradoxo é que, um vez constituídas, elas alcançam em geral um grau relativamente alto de evolução imanente, regulada pelos problemas respectivos colocados internamente e pelas suas sucessivas soluções."*(73)

E, mais adiante, ele acrescenta que

*"Canguilhem, assim como Lakatos na filosofia anglo-saxônica da ciência, afirma nesse sentido a prioridade da história interna dos conceitos das ciências naturais, na sua seqüência de derivações, rupturas e transformações. Para Canguilhem, é típico que sua história externa, sempre presente, torne-se casualmente crucial apenas nas conjunturas em que o progresso "normal" recua."*(74)

Não concordo com Anderson em sua avaliação sobre Lakatos, colocando sua posição face à história interna no mesmo nível da de Canguilhem, quando na verdade Lakatos tem uma concepção de história interna muito restrita se comparada à de Canguilhem, como já salientei anteriormente; Lakatos chega a afirmar que

*"... em virtude da autonomia da história interna (autonomia que não possui a externa), a história externa é irrelevante para a compreensão da ciência."*(75)

Essa relativa continuidade, normalidade, do discurso e prática do saber científico é interrompida por rupturas - revoluções científicas - que, sem dúvida, são de origem epistemológica, porém, sofrem também o impacto dos fatores sociais externos, como teremos oportunidade de aprofundar um pouco mais no próximo capítulo. Se entre os fatores externos os intelectuais são marcantes, não são menores os efeitos dos fatores econômicos, políticos e religiosos, dependendo do particular momento histórico e desenvolvimento social vivenciado. É neste sentido que um trabalho como o de Boris Hessen(76), sobre os "Principia" de Newton deve ser compreendido e aceito. Por mais "caricatural" que possa ser considerada essa análise empreendida pelo físico soviético - e não se deve olvidar o período em que ela ocorreu, isto é, a década de 30 - ela destaca fatores de influência quase

desconsiderados até então na historiografia científica dominante. Thomas Kuhn, na introdução do seu estudo sobre a revolução copernicana, comenta que há pelo menos dois motivos que nos levam a se interessar por esse tipo de estudo: o primeiro está associado aos resultados técnicos que nasceram com a revolução copernicana; o segundo está relacionado com o processo nela envolvido. Este último motivo é justificado pelo fato de que as teorias científicas atuais não são, de forma alguma, as finais. Por isso Kuhn acrescenta que

*"Nós precisamos mais do que um entendimento do desenvolvimento interno da ciência. Nós devemos também entender como a solução de um problema aparentemente pequeno, altamente técnico, pode em determinadas ocasiões alterar as atitudes dos homens face a problemas básicos da vida cotidiana."*<sup>(77)</sup>

#### Notas e referências

1. Kessler, M. M. Citado por: Merton, Robert K. *Sociologia, teoria e estrutura*. Ed. Mestre Jou, São Paulo, 1970, pág. 41.
2. Snyders, Georges. *Alegria na escola*. Editora Manole, São Paulo, 1988, pág. 101. Original francês de 1985.
3. Schenberg, Mário. *Pensando a física*. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1984, pág. 30. Este livro representa uma compilação das aulas dadas por Mário Schenberg na disciplina "Evolução dos conceitos da física", do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, durante o primeiro semestre de 1983.
4. Numa recente "resource letter" (artigo que apresenta um quadro do estado da arte em determinado campo acompanhado de listas de leituras, desde introdutórias até avançadas) sobre a história da física, S. G. Brush, apenas para dar um exemplo, informa que o número de trabalhos publicados nos anos recentes, sobre a física de 1800 a 1914, é várias vezes superior ao número de físicos daquele período. Para uma estimativa do público interessado em literatura especializada sobre história da física, nos Estados Unidos, oferece dois exemplos: o livro de A. Pais ("Subtle is the Lord": the science and the life of Albert Einstein"), publicado em 1982, vendeu 60.000 exemplares nos três primeiros anos de vendas; por outro lado, a "Estrutura" de Kuhn, nos 12 anos seguintes à sua publicação atingiu a marca de 250.000 exemplares vendidos.  
Brush, S. G. Resource letter HP-1: History of Physics. *Am. J. Phys.* 55(8), agosto/1987, págs. 683/691.
5. Zanetic, João. A propósito do artigo de Boris Hessen sobre o "Principia" de Newton. *Rev. de Ensino de Física*, vol. 6, nº 1, abril/1984, pág. 33.
6. Kuhn, Thomas S. Notas sobre Lakatos. In: Lakatos, Imre. *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Editorial Tecnos, Madrid, 1987, pág. 86. Original inglês de 1971.
7. Apesar dessa divisão não ter atualmente o mesmo impacto que tinha há cerca de

um quarto de século, a maioria dos artigos sobre história da ciência ainda se situa em uma ou outra dessas duas categorias. O editor da revista *ISIS* afirma que na última década o cenário tem sido dominado por posições mais ecléticas.

"O problema não é o contexto oposto à cognição, mas entender a estrutura de sua integração."

Rosenberg, Charles. *Woods and trees ? Ideas and actors in the history of science*. *ISIS*, vol. 79, 1988, pág., 565.

8. Num livro sobre a introdução às possíveis fontes da história da ciência, o autor descreve diversas formas de história da ciência. São particularmente interessantes os capítulos 1 e 2.

Knight, David. *Sources for the history of science (1660-1914)*. Cambridge University Press, Cambridge, 1975.

9. Carr, Edward H. *Que é história ?* Trad. Lúcia M. de Alverga. Ed. Paz e Terra, São Paulo, 1985, pág. 13. Original inglês de 1961.

10. Carr, E. H. Ref. 9, págs. 13 e 15.

11. Lakatos também critica essa visão de história da ciência, afirmando que

*"O historiador indutivista reconhece apenas duas classes de descobertas científicas genuínas: as firmes proposições fatuais e as generalizações indutivas. Elas e só elas constituem a medula de sua história interna."*

Lakatos, I. Ref. 6, pág. 14.

12. Carr, E. H. Ref. 9, pág. 25.

13. Lakatos, I. Ref. 6, pág. 63.

14. Lakatos, I. Ref. 6, pág. 11.

15. Na classificação utilizada neste trabalho, Koyré é claramente um internalista, mas no sentido mais amplo desta categoria, uma vez que nos seus estudos históricos ele leva em consideração fatores intelectuais que Lakatos situaria como externalistas, tais como as idéias filosóficas e metafísicas. Kuhn afirma que por história internalista devemos entender a que se interessa apenas por elementos intelectuais e externalista aquela que leva em consideração fatores sociais. Numa polêmica com o historiador H. Guerlac, que criticava Koyré por

"desconhecer a função da ciência como fator histórico", o historiador franco-russo assim situa a ciência e sua história:

*"... a ciência de nossa época, como a dos gregos, é essencialmente theoria, busca da verdade e por isso tem, e sempre teve, uma vida própria, uma história imanente e que apenas em função de seus próprios problemas, de sua própria história, pode ser compreendida por seus historiadores."*

Koyré, Alexandre. *La historia de las ciencias*. In: *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo Veintiuno Editores, México, 1978, pág. 385. Original inglês de 1963.

16. No capítulo anterior (citação de Feyerabend na página 76) ficou clara a crítica de Feyerabend àqueles que recorrem ao rico material histórico, empobrecendo-o de tal forma a satisfazer seus anseios de segurança intelectual.

17. Lakatos, I. Ref. 6, págs. 40/41.

18. Kuhn, T. S. In: Lakatos, I. Ref. 6, pág. 90.

19. Isto é abordado mais adiante neste capítulo. A ênfase dada à experiência de Michelson-Morley (chamada de "experimento crucial" por Popper) na construção da relatividade de Einstein, ou a apresentação da fórmula de radiação de Planck são dois exemplos dessa "reconstrução". O próprio Lakatos, na sua defesa da reconstrução racional, assim comenta o "programa de Bohr":

*"Bohr, em 1913, não podia ter pensado ainda na possibilidade do spin do elétron. Tinha mais que suficiente com que ocupar-se sem contar o spin. Entretanto, o historiador, ao descrever posteriormente o programa bohriano, incluirá dito spin do elétron, pois que este encaixa de modo natural na descrição original do programa. Bohr poderia ter-se referido a ele em 1913. Porque não o fez, é um interessante problema que merece ser indicado numa nota de rodapé." (In: Ref. 6, pág. 40)*

Ou seja, isto teria assim ocorrido caso Bohr tivesse pensado racionalmente em 1913. Porém, eis o que diz Kuhn (que estudou amplamente a gênese do átomo de Bohr):

*"... Bohr era completamente cético com respeito à idéia de spin mesmo em 1925." (In: Ref. 6, pág. 89).*

20. Brush, Stephen G. *Should the History of Science be Rated X ?* *Science*, vol. 183,

March 1974, pág. 1164. O "X" do título deste artigo é explicado pelo próprio autor como referindo-se à campanha eleitoral à presidência dos estados Unidos no ano anterior (1973), quando um editorial do Washington Post sugeriu que as reportagens públicas da campanha eleitoral fossem submetidas à censura para crianças (daí a marca X tradicional nos Estados Unidos na programação de filmes, por exemplo) por "serem danosas aos ideais dos jovens leitores".

21. Num artigo recente em que trata dos trabalhos de Galileu, relativos à lei da queda dos graves e à trajetória parabólica dos projéteis lançados horizontalmente, S. Drake argumenta que, apesar do fato de Galileu não falar sobre suas experiências em suas obras, para ele é claro que Galileu realizou acuradas medidas. Ele critica Koyré por afirmar que a maioria dos experimentos de Galileu eram fictícios. (Drake, Stillman. Galileo's physical measurements. Am. J. Phys., vol. 54, nº 4, abril/1986, págs. 302/306.)

Por outro lado, Koyré afirmara o seguinte sobre Galileu:

*"Um plano absolutamente liso, uma esfera absolutamente esférica, ambos absolutamente duros: são coisas que não se encontram na realidade física. Não são conceitos que se tirem da experiência; são conceitos que se lhe supõem. (...)*

*As "experiências" de que Galileu se vale - ou de que se valerá mais tarde -, mesmo as que ele finalmente executa, não são e nunca serão, mais do que experiências de pensamento."* (Koyré, Alexandre. Estudos Galilaicos. Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1986, págs. 98/99. Original francês de 1939)

Num trabalho escrito quase duas décadas após a publicação dos "Estudos Galileanos", é a mesma a convicção de Koyré, como demonstra esta citação:

*"... a maneira pela qual Galileu concebe um método científico correto implica um domínio da razão sobre a simples experiência... (...)*

*... (Galileu) deve sua fama de experimentador aos esforços infatigáveis dos historiadores positivistas..."* (Koyré, A. Los origines de la ciencia moderna. In: ref. 15, págs. 71/72)

Essa é uma polêmica que certamente ainda vai prosseguir por muito tempo e que mostra bem a importância da história epistemológica que não se limita à mera crônica dos acontecimentos científicos. Foi exatamente uma crônica de

acontecimentos, escrita logo após a morte de Galileu (1642), que deu início à "lenda" ou verdade sobre os trabalhos de Galileu. Vincenzo Viviani (1622 - 1703) foi amanuense de Galileu nos seus últimos anos de vida. A pedido de um dos príncipes de Toscana, escreveu um relato da vida e obra de Galileu. O "Racconto storico della vita del Sign. Galileo Galilei", publicado em 1717, enfatizou o caráter empiricista dos trabalhos de Galileu, sendo o primeiro escrito a relatar que Galileu teria descoberto o princípio do pêndulo pela observação da oscilação de um lustre da Catedral de Pisa, e também o primeiro a afirmar que ele rejeitara a lei de queda de Aristóteles após sua experiência de queda de graves a partir do alto da Torre de Pisa.

S. Drake se alinha entre aqueles historiadores que aceitam o "racconto" de Viviani, enquanto A. Koyré dizia que se tratava apenas de uma lenda.

Michael Segre, numa recente resenha do livro de Viviani, assim conclui seu artigo:

*"Ao invés de perguntar "quais das experiências descritas por Viviani, ou pelo próprio Galileu, foram por ele realizadas?", dever-se-lhe perguntar "por que Viviani (e Galileu) pensavam que era importante relatar tais experimentos?" A resposta a esta questão pode mudar a discussão para um nível mais histórico que filosófico."* (Segre, Michael. Viviani's life of Galileo. ISIS, vol. 80, págs. 207/231, 1989).

22. Brush, S. G. Ref. 20, pág. 1169.

23. Dirac, Paul A. M. Sci. Am. 208, 45, May 1963. Está republicada no volume "Mecânica" do curso de Berkeley. Citado por Brush, Ref. 20, pág. 1170.

24. Brush, S. G. Ref. 20, págs. 1170/1171.

25. Klein, Martin J. History in the teaching of Physics: Proc. Int. Working Seminar on the Role of History of Physics in Physics Teaching. Eds. S. G. Brush and A. L. King. Univ. Press of New England, 1972, pág. 21.

26. Whitaker, M. A. B. History and quasi-history in physics education - part 1. Phys. Educ. vol. 14, 1979, págs. 108/112. Idem - part. 2. Phys. Educ., vol. 14, 1979, págs. 239/242. O autor destes dois artigos menciona uma resenha de um livro que havia sido recentemente publicado e que abordava a física moderna; o "resenhador corrige o autor do livro" afirmando que a lei de Rayleigh-Jeans, referente

à radiação do corpo negro, já era conhecida antes de Planck ter descoberto sua própria lei. Teria sido exatamente a falha daquela lei que "teria levado Planck à sua hipótese quântica". De fato, Planck anunciou, num encontro da German Physical Society, em 14/12/1900, a sua lei. Seu método não tem nada a ver com o apresentado pelo livro didático de Eisberg (Fundamentals of Modern Physics, New York: Wiley). É verdade que "em 06/1900 Rayleigh havia publicado um pequeno artigo no qual ele apresentava um método de computar o número de graus de liberdade do corpo negro". Ele obteve uma expressão proporcional à densidade de energia, mas não calculou a constante de proporcionalidade. Whitaker afirma que "era óbvio para Rayleigh que a expressão era insatisfatória e que ela divergia para o infinito para pequenos comprimentos de onda e que a integral para todas as frequências era também infinita". Rayleigh apenas "sugeriu a inclusão de um fator de corte exponencial arbitrário para obter resultados sensíveis. Não havia nenhum prenúncio de catástrofe no tom desse artigo de Rayleigh." Em 1905 Rayleigh calculou o coeficiente de proporcionalidade! Ou seja, bem após os artigos de Planck de 1900, que Rayleigh já conhecia, tanto é que notou que "seu resultado era cerca de oito vezes o de Planck" para grandes comprimentos de onda. Ainda em 1905, outro físico inglês, Jeans, fez uma alteração na expressão de Rayleigh conseguindo que sua nova expressão, que passou após a correção a ser denominada de "lei de Rayleigh-Jeans", coincidissem com a de Planck naquele limite de grandes comprimentos de onda. Whitaker enfatiza que não se pode, de maneira alguma, afirmar que essa expressão tivesse levado Planck à hipótese quântica, como alguns textos didáticos indicam. Aparentemente, para preservar a "objetividade", é preferível deixar entendido que a física clássica produziu a expressão de Rayleigh-Jeans e que a substituição da equipartição de energia pela quantização da energia produziu a expressão de Planck. É a "quase-história" desempenhando seu papel. É um exemplo de má reconstrução racional. Dei aqui esse extrato relativamente longo do artigo de Whitaker para exemplificar algo que é longamente discutido neste capítulo. Sobre este tema foi realizada uma tese de mestrado que aborda a relação entre conceitos termodinâmicos e a quantização de energia de Planck. (Albuquerque,

- Ivone F. da M. e. Entropia e a quantização da energia: cálculo termodinâmico de Planck. Dissertação de mestrado, IFUSP/FEUSP, 1988).
27. Carr, E. H. Ref. 9, pág. 49.
  28. Bachelard, Gaston. Epistemologia. Trechos escolhidos por Dominique Lecourt. Trad. de Nathanael C. Caixeiro. Zahar, Rio de Janeiro, 1977, pág. 184. Original francês de 1971.
  29. Bachelard, G. Citado em: Barbosa Elyana. O secreto do mundo (uma leitura de Gaston Bachelard). Tese de doutoramento, FFLCH/USP, 1985, pág. 112.
  30. O termo "Whig" vem da designação dada ao Partido Liberal na Inglaterra. A frase "whig interpretation of history" foi introduzida pelo historiador inglês Herbert Butterfield num livro que levava essa frase como título, há pouco mais de cinquenta anos. Entre historiadores da ciência contemporânea de língua inglesa, essa expressão tem sido usada para caracterizar os relatos históricos que tendem a mostrar e julgar cada cientista em função de sua contribuição ao estabelecimento das teorias atuais.
  31. Schenberg, M. Ref. 3, pág. 52.
  32. Barbosa, E. Ref. 29, pág. 115.
  33. Na nota 19 exemplifiquei a compreensão de "reconstrução racional" de Lakatos. Bachelard entende sua recorrência não como uma reconstrução mas como um rever, isto é, estudar o passado tendo o presente já estudado, procurando respeitar as respectivas visões epistemológicas.
  34. Zanetic, João. Dos "principia" da mecânica aos "Principia" de Newton. Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, 5 (Número Especial), 1988, pág. 23.
  35. Canguilhem, G. Études d'Histoire et de la philosophie des sciences, pág. 20. Citado por: Lecourt, Dominique. Para uma crítica da epistemologia. Ed. Assirio e Alvim, Lisboa, 1980, pág. 61.
  36. Barbosa, E. Ref. 29, págs. 86/88.
  37. Siegel, Harvey. Kuhn's philosophy of science and science education. Thesis (Doctor of Education). Faculty of the Graduate School of Education, Harvard University, 1977, pág. 161.
  38. Israel Scheffler é autor de vários livros abordando principalmente o tema da

objetividade do conhecimento científico. A sua defesa da racionalidade científica influenciou a análise de Siegel.

39. Kuhn, T. S. *Essential Tension*. The University of Chicago Press, Chicago and London, 1977, pág. 229.
40. Siegel, H. Ref. 37, pág. 168.
41. Siegel, H. On the distortion of the history of science in science education. *Science Education*, 63(1), 1979, pág. 117.
42. Kuhn, T. S. A estrutura das revoluções científicas. Ed. Perspectiva, São Paulo, 1975, pág. 208.
43. "Pensamento crítico", eis aí uma expressão por demais utilizada por Popper em sua construção filosófica: Para ele, crítico, deve ser entendido o papel que o cientista racional deve ter para estar preparado a encontrar "defeitos" na teoria científica com a qual está lidando, tem que estar preparado a identificar os contra-exemplos refutadores ou, pelo menos, manter a teoria em cheque crítico, básico à exigência do teste da refutabilidade proposto por Popper. Utilizo a palavra crítico numa perspectiva mais ampla e que pressupõe uma pré-disposição necessária para a elucidação de uma "crise" ou a comparação "crítica" entre teorias conflitantes, discurso dialético, como os presentes na avaliação da proliferação de teorias ou na contraposição que supera as condições-limite necessárias para superar barreiras ou obstáculos epistemológicos. Uma síntese que junta Kuhn, Feyerabend, Bachelard e Paulo Freire, numa situação de superação da situação que Marx classificaria de alienante. Pensamento crítico, enfim, é o pensamento dialético. Como dizia Heráclito, "o conflito é o pai de todas as coisas". Apenas os que defendem uma razão subjetivista têm medo do pensamento crítico/dialético:
- "A racionalidade da mudança conceitual na matemática (na ciência, na arte, na poesia) é tipicamente dialética; surge como terrivelmente irracional para quem tem a concepção tacanha da razão: parece odiosamente racional a quem gosta do mesquinho irracionalismo."*
- Giorello, Giullo. Citado por F. Minazzi. In: Geymonat, Ludovico e Giorello, G. *As razões da ciência*. Edições 70, Lisboa, pág. 164. Original italiano de 1986.

44. Popper, K. A ciência normal e seus inimigos. In: Lakatos I. e Musgrave, A. *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. Ed. Cultrix e EDUSP, São Paulo, 1979, pág. 65. Original inglês de 1970.
45. Feyerabend, P. Consolando o especialista. In: Ref. 44, pág. 250.
46. Kuhn, T. S. Reflexões sobre os meus críticos. In: Ref. 44, pág. 293.
47. Leibniz, Gottfried Wilhelm. Carta a Louis Bourquet de 22 de março de 1714. Citada por Merton, R. K. Ref. 1, pág. 20.
48. Abrantes, Paulo Cesar Coelho. *L'epistemologie dans l'enseignement de la physique. Un exemple: la théorie de la relativité restreinte. Mémoire de Maîtrise*. Université de Paris X, Nanterre, Paris, 1978, pág. 122.
- Nesse trabalho, Paulo Abrantes apresenta e discute as contribuições filosóficas e epistemológicas de Kuhn, Lakatos e Feyerabend, explorando a intersecção entre suas idéias filosóficas e historiográficas; explora também os comentários recíprocos entre os três autores. Defende a utilização da história da ciência no ensino de ciências para não-especialistas, por exemplo, na educação geral. Oferece um exemplo de aplicação no ensino de relatividade restrita.
49. Neste ponto estou pensando, por exemplo, nas revelações contidas na história das físicas galileana e newtoniana segundo estudos realizados por Alexandre Koyré. Outro exemplo é a redescoberta da física medieval como uma busca (reconstrução ?) dos predecessores de Newton.
50. Souza Filho, Oswaldo Mello. *Evolução da idéia de conservação da energia - Um exemplo de história da ciência no ensino de física*. Tese de mestrado. IFUSP/FEUSP, 1988, págs. 26/28.
- Oswaldo Mello tece considerações sobre o entrelaçamento entre a história e a filosofia da ciência visando sua aplicação no ensino de física. A maior parte do trabalho é dedicada à análise estrutural de um extenso texto sobre a evolução da idéia de conservação de energia, que é apresentado como apêndice, onde, partindo dos antigos gregos, é realizado um detalhado estudo histórico que chega ao estabelecimento do princípio de conservação de energia.
51. Souza Filho, O. M. Ref. 50, pág. 30.

52. Gerald Holton é um conhecido historiador da física, autor de vários livros e artigos. Foi também um dos diretores do projeto Harvard.
53. Heilbron, J. L. Applied History of Science. Isis, 78, 1987, pág. 557.
54. Ref. 25.
55. Ref. 48, págs. 127/128.
56. Ref. 53.
57. Heilbron um tanto ironicamente diz que a mais velha das ciências naturais pode ser a primeira a desaparecer; isto baseado nos números fornecidos por recente levantamento da situação da procura da física como campo de estudo: o levantamento mostra, por exemplo, que "o número de Ph. D.s concedidos a americanos nas universidades americanas foi cortado pela metade nos últimos quinze anos, de cerca de 1.300 para cerca de 700". E ainda acrescenta que o número de ingressantes no ensino de física da escola secundária é hoje um quinto do que era em 1970. Além disso Heilbron informa que o "Committee on Undergraduate Science Education" da "National Science Foundation" foi alarmado por um documento dos presidentes da "American Association of Physics Teachers" e da "American Physical Society" que, entre outras coisas, afirma o seguinte: "o programa nacional de bacharelado em ciências, matemática e tecnologia declinou em qualidade e escopo numa extensão tal que ele não mais satisfaz as necessidades nacionais. Um raro recurso nacional ruuiu." (extrato do "Report". American Physical Society, Committee on Education. Bulletin Of the American Physical Society, 1986, 31(6):1033).
58. Georges Canguilhem foi sucessor de Gaston Bachelard como diretor do Instituto de História das Ciências da Universidade de Paris. Suas principais contribuições específicas referem-se à história das ciências biológicas.
59. D. Lecourt descreve um exemplo desse modo positivista de utilizar um fato, a partir de um trabalho de Canguilhem:  
*"Numa aula sobre a contração muscular... o professor está feliz por ter estabelecido um fato quando executou a experiência clássica, que consiste em isolar um músculo num frasco cheio de água e em mostrar que, sob o efeito duma excitação elétrica, o músculo se contrai, sem que o nível do líquido varie. Deste "fato" conclui: a*

contração é uma modificação da forma do músculo sem variação do volume. Canguilhem comenta: "é um fato epistemológico que um fato experimental ensinado deste modo não tenha nenhum sentido biológico. É assim e é assim." Para atribuir tal sentido a este fato, é indispensável ir até ao primeiro que teve a idéia duma experiência deste gênero, isto é, a Swammerdan (1637 - 1680). Tratava-se, contra as teorias de origem galênica e estóica então dominantes, de mostrar que, na contração, o músculo não se acrescia de nenhuma substância."

Lecourt, D. Ref. 35, págs. 59/60.

60. Abrantes, P. C. C. Intervenção na mesa-redonda: Influência da história da ciência no ensino de física. Cad. Cat. Ens. Fís., 2 (número especial), jun/1988, pág. 91.
61. Martins, Roberto. Intervenção na mesa-redonda da Ref. 60, pág. 87.
62. Heilbron, J. L. ref. 53, pág. 559.
63. Maxwell, James Clerk. In: Campbell, L. e Garnett, W. The life of James Clerk Maxwell, Mac-millan, London, 1884, pág. 162. Citado por Merton, R. K. Ref. 1, pág. 44.
64. Concepções espontâneas aparecem com diferentes designações na literatura especializada. Às vezes são denominados de conceitos alternativos ou conceitos intuitivos, representando, em quaisquer dos casos, os significados atribuídos a palavras que têm uma significação bem determinada nas várias áreas do saber científico.
65. Por exemplo, os estudos de Alexandre Koyré, já mencionados anteriormente (notas 15 e 21), levantam muitos aspectos dos trabalhos desses dois cientistas que são muito propícios a inferências desta espécie. Eis o que diz a este respeito Arden Zylbersztajn, numa nota a um artigo sobre concepções espontâneas em física:  
*"Um exemplo de como concepções espontâneas poderiam receber um tratamento respeitoso por parte de professores é através da menção, sempre que possível, de paralelos entre tais concepções e teorias que foram, no passado, aceitas pelo conhecimento "oficial". A teoria medieval do "impetus" constitui um caso em que este paralelismo não é aproveitado didaticamente: livros-textos, quando muito,*

após mencionarem Aristóteles (quase sempre como o "vilão" da história, e portanto a-historicamente) saltam direto para Galileu. O proposto nesta nota implica certamente na necessidade de uma formação mais adequada em história e filosofia da ciência do que aquela normalmente oferecida pelas nossas licenciaturas."

Zylberstajn, Arden. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. Rev. de Ens. de Fís., nº 2, dez/1983, págs. 15/16.

66. Hosoume, Yassuko. Proposta de um modelo "espontâneo" de movimento. Tese de doutoramento, FEUSP, 1986, pág. 22.
67. "Galileu de 1604" significa neste contexto o Galileu que ainda não introduziu a temporalidade na sua explicação do movimento de queda dos corpos. Apesar de ter já sua definição do movimento de queda associando espaço e tempo (o espaço percorrido pelo móvel é proporcional ao quadrado do tempo), Galileu ainda não possui "a essência do movimento de queda", como diz Koyré (Estudos Galilaicos. Ref. 21, pág. 109). Apenas anos mais tarde Galileu vai chegar a essa "essência", associando velocidade de queda aos tempos decorridos e não aos espaços percorridos.
68. Koyré, A. Estudos Galilaicos. Ref. 21, pág. 132.
69. Hosoume, Y. Ref. 66, pág. 132/133.
70. Canguilhem, Georges. Ideologia e racionalidade nas ciências da vida. Edições 70, Lisboa, pág. 41. Original francês de 1977.
71. É a história das ciências entendida como um verdadeiro "laboratório da epistemologia", como diz Canguilhem repetindo um termo de Dijksterhuis, e não apenas como a memória inerte da ciência.
72. Autonomia ou não da ciência. Autonomia relativa das diferentes áreas do saber, científicas ou não. Eis aí uma questão polêmica que abordarei um pouco mais no próximo capítulo. Aqui cabe mencionar, como já deve ter ficado claro a partir da discussão até agora efetuada, que há autores que defendem a completa autonomia do conhecimento científico, isto é, o domínio de uma imanência genética que isola a ciência de qualquer contaminação com outras instituições sociais. John Krige, no resumo de seu artigo que correlaciona a epistemologia de

Popper e a autonomia da ciência, afirma o seguinte

*"A articulação de Popper da atitude racional, crítica, num referencial de anti-psicologismo e anti-marxismo, legitima filosoficamente a autonomia da ciência."*

E no corpo do artigo, acrescenta que essa posição de Popper leva-o a

*"... condenar como 'não-científico' marxistas como Bernal, que planejará a ciência. Mas isso é feito à custa da coerência de seu programa epistemológico. (...)*

*Na tentativa de tornar o racional real, a razão - ou, melhor, a concepção de Popper do que é racional - tornou-se irracional e não-crítica."*

Krige, John. Popper's epistemology and the autonomy of science. Social Studies of Science, vol. 8, 1978, págs. 287, 303 e 305.

Como disse, esta discussão continua no próximo capítulo.

73. Anderson, Perry. A crise da crise do marxismo - introdução a um debate contemporâneo. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1985, pág. 15. Original inglês de 1983.

74. Anderson, P. Ref. 73, pág. 16.

75. Lakatos, I. Ref. 6, pág. 12.

76. Em 1931, por ocasião do II Congresso Internacional de História da Ciência, realizado em Londres, Boris Hessen, então diretor do Instituto de Física da Universidade de Moscou, apresentou o trabalho *"As raízes sociais e econômicas dos "Principia" de Newton"*, baseado numa interpretação marxista desse desenvolvimento científico. No próximo capítulo faço mais comentários sobre Hessen e seu trabalho.

77. Kuhn, Thomas S. The copernican revolution. Harvard University Press, Cambridge, 1957, pág. 4.

Para exemplificar a frase citada, o próprio Kuhn diz que Freud enfatizava o paralelismo entre a desestérta copernicana da Terra como um planeta e sua descoberta do papel do inconsciente no controle das ações humanas.

## CAPÍTULO 5

## Física, sociedade e cultura

*"Mas, sem a indústria e sem o comércio, o que seria feito das ciências da natureza? Até mesmo estas ciências "puras" da natureza começam por ir buscar as suas finalidades e os seus materiais ao comércio e à indústria, à atividade sensível dos homens".*

*Marx<sup>(1)</sup>*

A ênfase do capítulo anterior esteve centrada na história epistemológica da física, nos seus aspectos intelectuais intrínsecos, isto é, na lógica interna da pesquisa, no papel da matemática, dos experimentos, da metodologia, e extrínsecos, isto é, na interação com a idiosincrasia e metafísica dos cientistas envolvidos. Abordei também os prós e contras da utilização da história da ciência no ensino. Neste capítulo a preocupação básica é com aqueles elementos que compõem um quadro complementar a esse, a saber, os aspectos econômicos, políticos, religiosos, etc., que constituem a história externalista da física, bem como sua relação com a cultura no seu sentido mais amplo.

Quando se comenta sobre a cultura, de um modo geral, raramente a física comparece de imediato na argumentação, ou outra representante das ciências naturais dá o ar de sua graça. Cultura, quando pensada "academicamente" ou com finalidades educacionais, é quase sempre evocação de alguma obra literária, alguma

grande sinfonia ou uma pintura famosa; cultura erudita, enfim. Tal cultura traz à mente um quadro de Picasso, uma sinfonia de Beethoven, um livro de Dostoyevsky, enquanto que a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou num tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Godel ou às equações de Maxwell. E essa situação não é característica brasileira, onde poderia se sugerir que as ciências naturais têm uma presença mais recente<sup>(2)</sup>. Por exemplo, na Inglaterra, país que forneceu várias gerações de cientistas naturais, encontram-se estudos sobre a cultura nacional inglesa onde não comparecem as ciências; Hilary e Steven Rose indicam que tanto o "The long revolution" de R. Williams, como o "The components of the national culture", de Anderson, não mencionam a ciência. A lista de Anderson dos componentes da cultura britânica inclui a sociologia, a filosofia, a teoria política, a história, a economia, a psicologia, a estética, a psicanálise, a antropologia e a crítica literária<sup>(3)</sup>.

Infelizmente um cidadão contemporâneo médio (ou seja, igual a todos nós) é ensinado durante a sua vida escolar que a ciência é uma matéria esotérica, que não tem nada a ver com a vida atual das pessoas, que não faz parte da bagagem cultural<sup>(4)</sup>. Por outro lado, algo que paradoxalmente passa despercebido da maioria das pessoas, somos bombardeados pela manipulação ideológica da ciência pelos meios de comunicação: um creme dental testado cientificamente, as desastrosas conseqüências para o desenvolvimento do país da exigüidade de recursos para as pesquisas científicas, as ciências no vestibular... É tudo uma ficção científica. Ao mesmo tempo nos deparamos com as dificuldades em lidar com informações científicas básicas, como foi o caso do acidente radioativo de Goiânia em 1988. E também há o crescente interesse despertado por livros de divulgação científica que atingem, às vezes, várias edições no nosso mercado editorial. Mas há uma dificuldade muito grande em integrar essa incipiente curiosidade cultural pela ciência e aquilo que se passa na escola. Ou seja, a maioria das pessoas consome ciência enquanto cultura mas, ao mesmo tempo, está alienada de sua presença real no cotidiano. E a forma e o conteúdo da ciência processada na escola reforçam essa condição de distanciamento entre a física escolar e a vida das

peçoas, da ausência organizada da ciência na cultura popular. Como afirmam os Rose, a presença da ciência na chamada cultura popular poderia ter fortes implicações na própria construção da ciência, ou seja,

*"... no esforço de fazer a ciência para o povo, a própria ciência será transformada"<sup>(5)</sup>.*

O entendimento do que seja "cultura" é necessário nesta discussão da presença da ciência na cultura popular. O conceito de cultura utilizado por Nelson Werneck Sodré é útil para o nosso propósito:

*"Cultura - Conjunto dos valores materiais e espirituais criados pela humanidade, no curso de sua história. A cultura é um fenômeno social que representa o nível alcançado pela sociedade em determinada etapa histórica: progresso, técnica, experiência de produção e de trabalho, instrução, educação, ciência, literatura, arte e instituições que lhes correspondem. Em um sentido mais restrito, compreende-se, sob o termo de cultura, o conjunto de formas da vida espiritual da sociedade, que nascem e se desenvolvem à base do modo de produção dos bens materiais historicamente determinado. Assim, entende-se por cultura o nível de desenvolvimento alcançado pela sociedade na instrução, na ciência, na literatura, na arte, na filosofia, na moral, etc, e as instituições correspondentes. Entre os índices mais importantes no nível cultural, em determinada etapa histórica, é preciso notar o grau de utilização dos aperfeiçoamentos técnicos e dos desenvolvimentos científicos na produção social, o nível cultural e técnico dos produtores dos bens materiais, assim como o grau de difusão da instrução, da literatura e das artes entre a população."<sup>(6)</sup>*

É no contexto de uma definição de cultura como a acima exposta que

afirmamos a pobre presença de uma cultura científica na realidade contemporânea brasileira<sup>(7)</sup>. Deve ficar claro desde logo que este não é um problema exclusivamente brasileiro, mas é derivado da forma dominante de apropriação e manipulação do conhecimento que implica, é claro, no seu modo de selecionar e transmitir todas as formas de conhecimento que participam do caldo cósmico chamado cultura. Ou seja, é elaborada uma cultura desvinculada da realidade, produzindo um pensamento alienado do ser social que o pensa. Uma forma de aquisição de conhecimento que tem por finalidade primeira o diploma, a passagem para uma atividade de trabalho que se distancie do manual, e não o saber. Na sua análise da evolução cultural do Brasil desde a colônia, Nelson Werneck Sodré destaca uma herança cultural que transcende o período colonial a que ele estava se referindo; diz ele:

*"Essa cultura tipificava porque refletia bem as condições objetivas, fazendo parte, como peça destacada, do conjunto de traços que definiriam, aqui, por larguíssimo período, o desamor pelo trabalho da terra e pelos ofícios mecânicos, fazendo do trabalho físico em geral um equivalente à escravidão, aviltando-o assim, ao mesmo tempo que definia a atividade cultural como específica da ociosidade, apresentando no cenário colonial e de forma particular, a contradição entre o trabalho físico e o trabalho intelectual. Daí o ostensivo caráter de classe da cultura colonial"<sup>(8)</sup>.*

A cultura "adquirida" primordialmente através do sistema educacional ganha, assim, um significado de ascensão social, de distinção entre formas "nobres" e "não nobres" de trabalho, um sinal aristocrático e diferenciador presente também nos dias de hoje. É a "despolitização" do sistema de ensino presente nas reformas educacionais oficiais, como indica Octávio Ianni, acrescentando que esse sistema acaba se transformando numa ~~uma~~ *maneira*

*"... agência de preparação de quadros técnicos para a empresa privada e o aparelho estatal".<sup>(9)</sup>*

Feitas essas observações de caráter geral sobre alguns aspectos relativos à cultura<sup>(10)</sup>, vamos voltar nossa atenção para a inserção da física enquanto um elemento cultural que consideramos como partícipe importante do mundo contemporâneo.

Embora o termo cientista tenha surgido no século XIX, inventado por Whewell, clérigo e filósofo de Cambridge, as primeiras sociedades científicas são fundadas durante o século XVII em diferentes países da Europa: em 1603 é fundada a "Accademia dei Lincei", na Itália; em 1662 surge a "British Royal Society"; a Academia Francesa de Ciências é fundada em 1666 e a Academia de Ciências de Berlin em 1700. Essas são precursoras entre as academias que, por volta de 1790, já atingiam a cifra de 220.<sup>(11)</sup>

O Brasil, pelo menos nesse aspecto, mesmo que por poucos meses, teve também uma Academia Científica, fundada na cidade do Rio de Janeiro em 1771. Esta academia aparentemente não tinha condições objetivas para sobreviver, o que mostra que um possível atraso no domínio das ciências em nossa terra não decorria de ato de vontade; como afirma o historiador Nelson Werneck Sodré, a vida efêmera da academia do Rio deixa claro que

*"... não era suficiente o ato de vontade para estabelecer aquilo que a sociedade não solicitava. Não se tratava, de forma alguma - como a ideologia do colonialismo pretendeu fixar - de inaptidão natural do brasileiro para a ciência. No campo da ciência, o Brasil continuava a ser apenas objeto, com as expedições*

*estrangeiras que aqui vieram pesquisar, no século XIX, e que se multiplicaram na segunda metade desse século."<sup>(12)</sup>*

Fernando de Azevedo indica um "parêntese luminoso" ocorrido em 1637 por ocasião da invasão holandesa em Pernambuco: o Conde de Nassau trouxera consigo um grupo de cultivadores de ciência, como eram então conhecidos, "que inaugurou no Brasil Colonial uma época de atividades científicas"; dentre eles destacava-se um de nome J. Marcgrave, físico e astrônomo, que foi responsável pelas primeiras observações meteorológicas e astronômicas da América do Sul. Em 1644, por ocasião da expulsão dos holandeses, terminou esse breve interregno científico em Olinda.<sup>(13)</sup>

O surgimento das sociedades científicas significou uma brusca mudança na prática científica. Se até a época de Galileu, Gilbert e Kepler os cientistas trocavam poucas informações com seus contemporâneos para se manterem razoavelmente ao par do desenvolvimento de seu campo de estudo, com o advento das sociedades científicas uma verdadeira revolução na troca de informações, nas discussões, nos desafios, alterou profundamente o relacionamento entre os cientistas. O surgimento da primeira revista científica e a concomitante "invenção" do artigo científico ou trabalho erudito, completaram a revolução na Revolução Científica do século XVII. As ciências naturais, particularmente a física, começaram a se transformar numa verdadeira instituição social, se bem que ainda longe do status que os cientistas iriam atingir a partir do século XIX. Foi a "Philosophical Transactions of The Royal Society of London", publicada pela primeira vez em 1665, a primeira revista especializada em ciência. Seu exemplo levou ao surgimento de várias outras revistas nas décadas seguintes, chegando a existir cerca de dez publicações por volta de 1750.<sup>(14)</sup> Dado o impacto de mudança cultural envolvido no período correspondente a essas alterações vou dedicar mais alguns parágrafos para este tema, utilizando particularmente as análises de Merton e dos Rose.

Robert K. Merton, importante sociólogo americano, dedicou grande parte de sua atividade de pesquisa à investigação do surgimento da ciência no século XVII na Inglaterra. Merton estudou, entre outros assuntos relevantes, o papel da estrutura sócio-econômica da época na escolha de temas pesquisados pelos cientistas de então, por exemplo, a pesquisa da longitude e da balística à época de Newton. É particularmente interessante seu trabalho sobre a influência do puritanismo no desenvolvimento da ciência experimental. Para marcar a presença puritana no nascimento da ciência do século XVII, Merton afirma que

*"... da lista original de membros da Royal Society em 1663, 42 entre os 68 sobre os quais possuímos alguma informação acerca de sua orientação religiosa, eram manifestamente puritanos. Tendo-se em conta que os puritanos constituíam minoria relativamente pequena na população inglesa, o fato de constituírem 62% dos fundadores da Society torna-se ainda mais notável."*<sup>(15)</sup>

Merton sugere que o próprio ethos puritano tinha muitos pontos de concordância com a nascente ciência. Segundo ele, Robert Boyle, um dos grandes cientistas daquela época, foi um dos que procuraram enlaçar ciência e religião. Assim o empirismo e o racionalismo vão ser "canonizados e beatificados", isto é, esses elementos estão em estreita congruência com os valores implícitos no protestantismo da época, e como tal aceitos.<sup>(16)</sup> John Desmond Bernal, que enfatiza menos que Merton a importância dos puritanos, reconhece o papel desempenhado pelo último bispo da Igreja da Morávia, John Amos Comenius que, devido à Guerra dos Trinta Anos, viajava pelos países da Europa e foi convidado em 1641 a ir para a Inglaterra por sugestão do Parlamento. Comenius era conhecido devido a seus métodos educacionais bem sucedidos que compreendiam a prática e o ensino da nova filosofia experimental como parte da educação universal. Ele tencionava criar um Colégio Pansófico<sup>(17)</sup> onde pudesse pôr em prática essa filosofia e foi

para a Inglaterra com a esperança de realizar esse objetivo; não conseguiu; porém, sua presença em Londres foi influente na criação da Royal Society.<sup>(18)</sup> Merton acrescenta que, como era praxe no pensamento puritano, Comenius fundamentava seu sistema educativo

*"... nas normas do utilitarismo e do empirismo: valores que só podiam conduzir a uma ênfase sobre o estudo da ciência e da tecnologia..."*<sup>(19)</sup>

deixando claro que o caminho da reforma na educação recebia os mesmos impulsos pela revalorização da ciência. Merton cita a seguinte passagem de Comenius extraída de sua obra "Didactica Magna":

*"A tarefa do aluno será facilitada se o professor, quando lhe ensina alguma coisa, mostrar ao mesmo tempo sua aplicação prática na vida diária. Esta regra deve ser cuidadosamente observada ao ensinar idiomas, dialética, aritmética, geometria, física, etc.*

*... a verdade e a certeza da ciência dependem mais do testemunho dos sentidos que de qualquer outra coisa, pois as coisas se imprimem diretamente nos sentidos, e, no entendimento, somente mediatamente e através dos sentidos... A ciência, portanto, aumenta, com certeza, proporcionalmente ao que depende da percepção sensorial."*<sup>(20)</sup>

Percebe-se uma mudança de ênfase cultural nessa proposta educacional. As academias puritanas foram denominadas "Academias Dissidentes" e representavam um ensino mais liberal em oposição a um ensino essencialmente clássico; favoreciam o estabelecimento de um contato mais íntimo com as coisas da vida. (Vemos como este tipo de polêmica na educação é extremamente recorrente). A abordagem da relação entre o protestantismo e o nascimento da ciência do século XVII poderia prosseguir com mais detalhamento porém, para o que nos interessa neste trabalho, e particularmente neste capítulo, isto é, o "estabelecimento da

ciência como um fator cultural completamente reconhecido<sup>(21)</sup>, o que foi aqui exposto é mais que suficiente.

Outro fator que Merton considera determinante para o nascimento da ciência no século XVII na Inglaterra é a relação entre esta e a economia. Menciona que alguns dos nomes mais ilustres da ciência desse século estavam interessados no "cultivo da teoria e da prática", entendida esta última como a solução de problemas práticos que afetavam a vida social de então, que se traduzia nas "inovações que pudessem melhorar o comércio, a mineralogia e a técnica militar".<sup>(22)</sup> Entre os nomes que ele cita destacam-se os de Hooke, Newton, Boyle, Huyghens e Halley. Merton aponta entre os problemas técnicos aqueles relacionados com os meios de transporte, vitais para a proliferação e o crescimento das empresas do capitalismo nascente. Por exemplo, com o aumento extraordinário das viagens por mar, a determinação precisa da latitude e longitude tornava-se de importância crucial. Muitos matemáticos, astrônomos e físicos colaboravam na solução desses problemas. Merton pontua também uma série de problemas científicos e técnicos abordados: construção de relógio com molas de equilíbrio em espiral, métodos de fabricação de lentes para telescópios, entre outros.<sup>(23)</sup> Esta análise de Merton, que busca encontrar determinantes sociais e econômicos no nascimento da física, guarda forte semelhança com a investigação desenvolvida no final da década de 20 pelo físico soviético Boris Hessen. "As raízes sociais e econômicas do "Principia" de Newton", título da comunicação apresentada por Hessen no II Congresso Internacional de História da Ciência, realizado em Londres em 1931, é um dos artigos que representam a tendência "externalista" da história da ciência de forma mais apropriada. Nele o físico soviético desenvolve uma detalhada análise temática do "Philosophiæ naturalis principia mathematica" de Isaac Newton, que representava a síntese da mecânica e, portanto, da física do século XVII.

*"Assim como o método geométrico de exposição não corresponde ao método através do qual Newton fez suas descobertas - mas que deveria servir, segundo ele, como uma vestimenta digna para as soluções encontradas por outros*

*meios - também não é possível encontrar, em uma obra de "filosofia natural", referências relativas às "humildes" fontes de sua inspiração. (...) Apesar do caráter matemático abstrato de apresentação adotado no "Principia", Newton não era um sábio escolástico desligado da vida mas estava preocupado com os problemas físicos e técnicos de seu tempo."<sup>(24)</sup>*

O tipo de análise realizada por Hessen nesse seu trabalho, bem como pelos demais cientistas soviéticos presentes nesse Congresso, teve forte influência no desenvolvimento do pensamento histórico científico a partir de então. Um debate vivo e extremamente criativo teve lugar nessa época entre jovens cientistas britânicos, de formação marxista, que estavam na assistência daquele congresso: John D. Bernal, Hyman Levy, J.B.S. Haldane, Lancelot Hogben e Joseph Needham.<sup>(25)</sup> Isso estimulou a publicação por parte desses cientistas de uma série de livros que exploravam diferentes aspectos da influência de fatores sociais sobre os mais diversos campos de investigação científica.<sup>(26)</sup> O objetivo central deste grupo de cientistas ingleses, que se autodenominavam "humanistas científicos", era o de mostrar a forte dependência entre o desenvolvimento científico e as necessidades econômicas e sociais. Eles entendiam que essa dependência era importante tanto para o bem-estar social quanto para a própria ciência.

Cabe aqui salientar que o impacto social e econômico, e mesmo o de outras áreas da cultura, sobre o desenvolvimento do conhecimento científico não é aceito pacificamente. Merton destaca o empenho de certos historiadores em minimizar o papel das forças sociais sobre o trabalho dos cientistas. Esse é o caso do historiador G.N.Clark que, num livro publicado em 1937<sup>(27)</sup>, lançou uma forte crítica contra o trabalho de Boris Hessen. Para Clark a atividade científica não seria condicionada por fatores sócio-econômicos, assim como os cientistas não estariam interessados pelas aplicações práticas que eventualmente pudessem surgir de suas pesquisas. Merton procura mostrar como isso é desmentido pelo fato de que os cientistas já mencionados anteriormente estavam não apenas ao par dos problemas práticos de seu tempo como se envolveram pessoalmente na solução de vários

deles.<sup>(28)</sup> Esse é o caso até de Newton, exemplificado através da correspondência que trocou com seu amigo Aston; nessa correspondência, Newton sugeria a Aston que, entre outras coisas, estudasse cuidadosamente o "mecanismo de direção e os métodos de navegação dos navios", procurasse descobrir se "o relógio de pêndulo tinha alguma utilidade para medir longitudes em alto mar", investigasse os métodos de transformação de um metal em outro.<sup>(29)</sup> Além disso, Newton havia recomendado a promulgação da lei 1714 que propunha uma premiação para quem inventasse um método seguro de determinação da longitude no mar.

Outros historiadores também tomaram a mesma posição contrária à tese defendida por Hessen, como é o caso de H. Butterfield e A. Rupert Hall, entre outros. Merton sugere que essa resistência para admitir a influência social sobre a temática científica, e talvez, sobre o próprio "conteúdo da ciência", advém do temor de comprometimento da "autonomia da ciência", da própria "objetividade" da ciência, elemento fundamental do *ethos* científico<sup>(30)</sup>. Muitos cientistas chegaram a imaginar que esse tipo de dependência seria uma invenção da sociologia marxista. Como lembra Merton, essa posição foi exposta por James B. Conant em seu livro "On understanding science". É claro que Marx e Engels, acrescenta Merton, enfatizaram aquela dependência, deplorando a escrita da "história das ciências como se elas tivessem caído do céu".<sup>(31)</sup> Porém alguns autores afirmam que Marx e Engels situavam as ciências exatas numa categoria separada das outras esferas do conhecimento que, estas sim, tinham uma forte dependência social, não apenas na determinação dos temas como também no próprio conteúdo substantivo. Como afirma Irineu R. dos Santos, Lucáks também admitia que a validade e o desenvolvimento interno da ciência seriam socialmente independentes<sup>(32)</sup>.

Embora o próprio Merton tenha mencionado que além do impacto social da ciência, a própria estrutura social pode desempenhar alguma influência tanto na escolha dos temas como no conteúdo, ele não publicou estudos sobre este último aspecto<sup>(33)</sup>. Merton destaca muito mais a influência da estrutura social sobre a temática científica ou a influência da ciência sobre o desenvolvimento social.

*"Possivelmente por ser tão facilmente aparente, o impacto da ciência sobre a estrutura social, especialmente por intermédio dos seus subprodutos tecnológicos, tem sido durante muito tempo objeto de interesse, senão de estudo sistemático. É fácil constatar que a ciência é uma força dinâmica de mudança social, embora nem sempre de mudanças previstas ou desejadas. De vez em quando até os físicos saíram dos seus laboratórios para reconhecer, com orgulho e surpresa, ou para repudiar, com horror e vergonha, as conseqüências sociais de seu trabalho. A explosão da primeira bomba atômica sobre Hiroshima nada mais fez que comprovar o que todo o mundo sabia. A ciência tem conseqüências sociais."*<sup>(34)</sup>

Estes últimos comentários levam-nos a outro terreno que já provocou complicadas e intermináveis discussões, principalmente depois da revolução de outubro de 1917, e que poderia ser dramatizado na seguinte questão: "uma sociedade socialista geraria uma ciência especificamente socialista?"<sup>(35)</sup>. Esta questão esteve presente, por exemplo nos primeiros trinta anos após a revolução russa, atingindo o encaminhamento das discussões científicas e filosóficas da jovem nação soviética. Num primeiro momento, a física esteve na fronteira dessa polêmica e noutro momento foi a vez da biologia ocupar o palco central. No caso da física, a teoria da relatividade esteve na berlinda numa discussão que envolveu os físicos soviéticos, entre eles Boris Hessen e A.K. Timiziev. Isso ocorria em 1927. Enquanto o segundo argumentava que "os marxistas não poderiam ser neutros sobre a teoria da relatividade pois ela contradizia o materialismo", Hessen replicava afirmando que a teoria da relatividade "não questionava a existência da matéria como fonte das sensações e do conhecimento", complementando ainda que "nenhuma teoria destruirá o materialismo". A posição contrária à relatividade era assumida também por Alexander Maksimov que era então o chefe do Departamento de História e Filosofia da Ciência Natural da Universidade de Moscou. Essa polêmica tinha um fundo ideológico tão marcado que Maksimov chegou a atribuir a Hessen os rótulos de "Machista"<sup>(36)</sup> e de "desvionista" de direita. Isso ocorria em 1928. Nessa disputa Hessen levou vantagem e assumiu

publicamente sua condição de propagador das idéias da física moderna na União Soviética publicando, inclusive, um texto de divulgação popular sobre a teoria da relatividade<sup>(37)</sup>. Por ocasião do congresso de história da ciência de 1931, ele era diretor do Instituto de Física da Universidade de Moscou e membro do Praesidium do Conselho Científico do Estado. Esse debate intenso ocorrido na União Soviética revelava o importante papel que a ciência desempenhava num estado fundado sob os princípios do marxismo. Lenin chegara a encorajar, em 1920, a discussão sobre a epistemologia científica, suas diferentes concepções e a defesa da ciência contra as idéias empiristas e positivistas. Porém, no início da década de 30 deu-se a consolidação de Stalin no poder e a situação começa a tomar outro rumo. Bukharin, que chefiara a delegação soviética ao citado congresso, após 1931 perdeu os cargos que possuía, entre eles o de presidente da Comissão da Academia de Ciências para a História do Conhecimento. Bukharin foi executado em 1938. Os expurgos estalinistas alcançaram Hessen que, após 1934, simplesmente desapareceu de cena, presumivelmente também executado.<sup>(38)</sup> Com a recente abertura política que vem acontecendo na União Soviética, com reflexos culturais profundos alcançando todas as áreas da atividade humana, esses cientistas e filósofos foram reabilitados. Numa recente publicação da Academia das Ciências da URSS os acontecimentos que envolveram esses cientistas são comentados criticamente.

*"A ideologia socialista desde o início, já no período de seu surgimento, manifestou a sua atitude positiva para com a ciência como uma grande força criadora da humanidade. (...) O processo de realização dessa idéia, que fez necessária a reorganização da ciência numa nova base filosófica, não foi retilíneo e comportou complicações, principalmente nos anos 30-40 (por exemplo, na biologia em conexão com as idéias de Lyssenko <sup>(39)</sup>). Esses fenômenos explicam-se por um conjunto de causas, entre as quais a novidade do próprio problema, a insuficiência de quadros qualificados, as dificuldades da consolidação do socialismo num país atrasado, etc. Mas esses fenômenos foram temporários, estranhos e historicamente passageiros e não refletiam a essência da relação entre a ideologia e a ciência no socialismo."<sup>(40)</sup>*

Embora essa discussão sobre o caráter da ligação da ciência com a base econômica e social seja crucial para a compreensão do seu papel cultural, não cabe neste trabalho uma tentativa de esgotar esta temática mas tão somente problematizá-la no sentido de sua utilização na construção de uma educação em ciência (física, no nosso caso) que seja crítica e instrumental conforme já mencionado anteriormente. Assim, cabe aqui ressaltar que a polarização que coloca de um lado os que defendem a autonomização da ciência, e do outro, os que consideram válida uma posição relativista, isto é, uma clara dependência da ciência com a formação social, é uma polêmica rica de nuances que dependem do referencial teórico e/ou ideológico dos que defendem uma ou outra posição. Por exemplo, há a posição intermediária de Althusser que, embora reconheça a interação da ciência com fatores sociais e econômicos, coloca esta dependência numa forma bastante sutil, já que ele faz referência à "prática" científica e ao "conhecimento" científico<sup>(41)</sup>. Luke Hodgkin afirma que por prática científica deve ser entendido o "trabalho produtivo" que o cientista realiza construindo um teorema, uma partícula elementar ou um modo de resolver determinadas equações; a seguir este trabalho fica disponível para outros cientistas que o aprendem, entendem e desenvolvem. Desta forma o conhecimento científico cresce e é consolidado como uma instância "objetiva" que paira acima dos cientistas. É uma generalização de idéias de Marx e Engels: a prática científica está relacionada com o conhecimento científico assim como o trabalho de qualquer produtor está relacionado com seu produto<sup>(42)</sup>. Este modo de entender o relacionamento da ciência com o social e, portanto, com a ideologia me parece semelhante à forma de Popper entender a evolução teórica através da lógica "fria" da investigação científica que também "paira" acima dos cientistas. De outro lado vamos encontrar a posição de Gramsci que trata a ciência como uma superestrutura, como por exemplo, nesta sua frase citada por Hodgkin:

*"De acordo com o marxismo é evidente que não é a teoria*

*atômica que explica a história humana mas o oposto disso: em outras palavras que a teoria atômica e todas as outras hipóteses e opiniões são superestruturais.*<sup>(43)</sup>

Há ainda outras posições como, por exemplo, a da Escola de Frankfurt, particularmente H. Marcuse, que entende que a própria ciência, isto é, seu conteúdo específico e não apenas os resultados de sua aplicação, é instrumento de dominação. Nesta concepção a própria ciência atuaria na qualidade de instância ideológica.<sup>(44)</sup> Apenas para mostrar a riqueza cultural desta polêmica vou fechar esta pequena amostra de posições com uma citação do texto já mencionado que traz a relação entre o socialismo e a ciência segundo posições recentes da Academia de Ciências da URSS; esta citação refere-se criticamente à postura de Marcuse e, por extensão, à da Escola de Frankfurt como um todo.

*"Do ponto de vista marxista leninista tal interpretação da ciência é uma vulgarização inadmissível. O condicionamento social do processo cognitivo é válido também, naturalmente, para as Ciências Naturais, pois elas estão ligadas com a mundividência, dependem da prática, da produção. Mas esta circunstância orienta a ciência justamente para a obtenção dos conhecimentos verdadeiros sobre a realidade objetiva. O marxismo delimita claramente o reflexo verdadeiro da realidade da ciência e as suas deturpações subjetivas, classicamente tendenciosas. Ao contrário de tal posição, as concepções sociológicas radicalistas pequeno-burguesas, absolutizando a relação entre a ciência e o sujeito do conhecimento, deixam de lado a relação cognitiva entre a ciência e o seu objeto.*<sup>(45)</sup>

O que estou tentando explicitar deixa nítida a riqueza contextual do surgimento e da continuidade institucional da física como também das demais ciências naturais. Mencionei, por exemplo, a importância do pensamento religioso puritano na Inglaterra como poderia ter mencionado o repressivo papel desempenhado pelo Tribunal da Inquisição, instituição da Igreja católica,

particularmente durante o século XVII, atingindo profundamente o surgimento da física após as repercussões provocadas pelo livro "De revolutionibus" de Nicolau Copérnico, em 1543. A morte de Giordano Bruno, queimado no Jardim das Flores, em Roma, em 1600 e o julgamento e a prisão de Galileu Galilei em 1633, exemplificam de forma dramática essa intervenção institucional da Igreja no desenvolvimento da ciência.

Sobre a manipulação ideológica na/da ciência, cabe aqui mencionar um fato recente envolvendo o ensino da teoria da evolução de Darwin em nossas escolas. A revista Ciência e Cultura chegou a publicar um editorial que alertava para o irresponsável ato de deformação que estaria sendo praticado através de um texto didático que veicula a visão fundamentalista, isto é, a interpretação literal da Bíblia no que diz respeito à origem dos seres vivos.<sup>(46)</sup> Tal publicação, um livro para a 5ª série do 1º grau, mereceu uma crítica contundente do biólogo Antonio Brito da Cunha<sup>(47)</sup>. Tal livro esteve incluído na lista de publicações financiadas pelo MEC e distribuídas às escolas através da FAE.

Muitos outros exemplos dessa manipulação poderiam ser mencionados, como por exemplo, o estudo sobre a inteligência humana associado à medida do "quociente de inteligência (QI)" e o preconceito racial<sup>(48)</sup>; a apresentação de determinados desenvolvimentos científicos com finalidades militares explícitas como uma atividade "cientificamente neutra"<sup>(49)</sup>. O físico Lévy-Leblond aponta a valorização de determinados campos de investigação em física em detrimento de outros como produto de elementos ideológicos respondendo a interesses das classes dominantes<sup>(50)</sup>.

Acredito que este tipo de discussão não pode estar ausente tanto na formação do pesquisador em física quanto na formação do professor de física que, devido ao seu papel na educação básica, acaba sendo o elemento que serve de correia de transmissão entre a "cultura científica" e a maioria da população. Aliás, a

física enquanto cultura não pode prescindir desses aspectos "externalistas", como a influência sócio-econômica, abordagens ideológicas, as 'definições' de métodos científicos, a história dinâmica da física, que compõem um mosaico que fornece a substância necessária para dar sustentação estrutural ao algoritmo, à experimentação, às teorias científicas e suas aplicações. É a Física compondo um elemento cultural necessário para a formação de qualquer cidadão contemporâneo.

Gostaria de apontar mais um tópico que não pode ser esquecido quando abordamos a física enquanto cultura. É a literatura. A relação entre a literatura e a física. Já que muitas vezes nos debates educacionais se fala da interdisciplinaridade, no ensino integrado de ciências, e outros termos semelhantes, por que não pensar na integração com outros ramos do conhecimento, com outras formas de falar do mundo e com o mundo? A primeira vez que pensei nessa relação data da época que li alguns trechos de um dos livros de Galileu. Seus diálogos entre Salviatti, Sagredo e Simplicio, mediatizados pela intenção de desmontar a argumentação aristotélica e a defesa do universo copernicano e da metodologia platônico-arquimediana, são verdadeira obra literária. Determinadas partes de seu livro podem ser lidas como textos literário-filosóficos. Muito mais tarde vim a descobrir que um dos mestres inspiradores de Galileu, Platão, também utilizava a estrutura de diálogos entre diferentes personagens para apresentar sua visão de mundo. E mesmo nas partes de sua obra em que há apenas um monólogo ou o domínio quase exclusivo de um personagem, como acontece no "Timeu", básico para o entendimento da visão de mundo da física de Platão, é uma obra literária que temos nas mãos.

*"Seja como for, o tempo nasce como o céu, a fim de que, nascidos juntos, sejam também dissolvidos juntos, se jamais houverem de ser dissolvidos; e foi feito a partir do modelo da natureza eterna, a fim de se assemelhar a este modelo na medida do possível. Porque o modelo é existente durante toda a eternidade, enquanto o céu foi, é e será continuamente durante toda a duração do tempo. Foi em virtude deste raciocínio e para dar existência ao tempo que Deus fez*

*nascer o sol e a lua e outros cinco astros chamados planetas, para distinguir e conservar os números do tempo"*<sup>(51)</sup>.

Lendo textos como este exemplo retirado do Timeu de Platão, veio-me a idéia de que poderíamos fazer uso desses textos nas salas de aula, tanto a nível universitário como no segundo grau com orientação do professor. Certamente nos cursos de licenciatura em física este tipo de atividade deveria comparecer, talvez como parte do programa da disciplina de "Instrumentação para o ensino de Física". Durante o segundo semestre de 1988 realizei uma experiência nessa direção com os alunos dessa disciplina no Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Um breve relato dessa experiência consta no apêndice que acompanha este trabalho.

A eventual utilização dessas leituras tem uma dupla finalidade quando pensamos na formação de professores de física para o segundo grau ou na de seus alunos:

i. deve fornecer aquela base mínima que favoreça a leitura desse tipo de literatura ao longo da vida do indivíduo, isto é, seria um dos modos de fazer o conhecimento adquirido em física continuar presente alimentando o pensamento científico desse indivíduo; favorecendo e estimulando seu imaginário, no sentido mais amplo do termo, no sentido expresso, por exemplo, por Bachelard que sempre tinha em mente tanto o pensador diurno, mais racionalista, como o pensador noturno, mais propenso ao devaneio, ao pensamento poético;

ii. deve favorecer a aprendizagem dos aspectos conceituais presentes nas teorias físicas apresentadas na parte mais formal do curso.

Com esses dois objetivos guiando esta atividade temos alguns parâmetros para a escolha de textos a serem recomendados para leitura e discussão. O projeto Harvard, me parece, enfatizava muito mais o segundo ponto acima exposto, embora alguns textos de leitura presentes nesse projeto também atendessem o explicitado no primeiro item. Desta forma, a escolha de textos não se restringirá àqueles chamados clássicos como, por exemplo, os já mencionados de Galileu e Platão. Estes teriam muito mais a finalidade exposta no segundo item, podendo às vezes atender o primeiro também, como poderia ser o texto Timeu de Platão. Assim, além dessa literatura mais especificamente científica, entendo que a literatura, que, de maneira direta ou indireta, tenha a física como parte integrante, também compareceria neste tipo de atividade. Edgar Allan Poe já foi mencionado no capítulo 3 quando serviu de ponte para a introdução das idéias de Gaston Bachelard. Poe criticava as concepções tradicionais da metodologia científica. Porém, o Poe contista também abordava diretamente conceitos de física. É o que acontece, por exemplo, no seu conto "O mistério de Marie Roget". Nesse conto Poe coloca seu personagem, o detetive Augusto Dupin, na tentativa de elucidar um bárbaro crime. Dupin utiliza uma metodologia sofisticada auxiliado por conceitos científicos, entre os quais os de gravidade específica e empuxo.<sup>(52)</sup>

Outro grande escritor que também realizou incursões filosóficas que tinham implicações científicas foi Dostoyevsky. Embora não fosse um cientista, nem mesmo um filósofo preocupado explicitamente com o conhecimento científico, o escritor russo expressava na sua obra mais conhecida, "Os irmãos Karamazóvi", uma idéia científica original que já estava no ar, portanto, um quarto de século antes de sua formulação bem sucedida por Einstein, a saber, a de que o espaço absoluto tri-dimensional não servia mais ao propósito de explicação do mundo físico. A "linha de mundo" já habitava o espaço-tempo de Dostoyevsky.

*"É preciso notar, no entanto, que, se Deus existe, se criou*

*verdadeiramente a terra, fê-la, como se sabe, segundo a geometria de Euclides, e não deu ao espírito humano senão a noção das três dimensões do espaço. Entretanto, encontraram-se, encontram-se ainda geômetras e filósofos, mesmo eminentes, para duvidar de que todo o universo e até mesmo todos os mundos tenham sido criados somente de acordo com os princípios de Euclides. Ousam mesmo supor que duas paralelas que, de acordo com as leis de Euclides, jamais se poderão encontrar na Terra, possam encontrar-se, em alguma parte no infinito. Decidi, sendo incapaz de compreender mesmo isto, não procurar compreender Deus. Confesso humildemente minha incapacidade em resolver tais questões; tenho essencialmente o espírito de Euclides: terrestre. De que serve querer resolver o que não é deste mundo? E aconselho-te a jamais quebrar a cabeça a respeito, meu amigo Aliócha, sobretudo a respeito de Deus: existe ele ou não? Essas questões estão fora do alcance dum espírito que só tem a noção das três dimensões."<sup>(53)</sup>*

Por essa e outras considerações de ordem filosófica, estética, ética e científica, o historiador da ciência Boris Kusnetsov<sup>(54)</sup> traça um paralelo entre a obra literário-filosófica de Dostoyevsky e a obra científico-filosófica de Einstein<sup>(55)</sup>. Os pensadores diurno e noturno se encontrando no amanhecer de uma nova visão de mundo que busca a união da harmonia cósmica com a harmonia moral. Segundo Kusnetsov, Einstein teria afirmado seu débito intelectual para com Dostoyevsky com as seguintes palavras:

*"Dostoyevsky oferece-me mais que qualquer outro pensador, mais que Gáuss."<sup>(56)</sup>*

Kusnetsov argumenta que Dostoyevsky teria formulado, no século XIX, várias questões filosóficas dirigidas ao século XX e que teriam sido respondidas por Einstein. Além da questão mais óbvia relacionada com a ruptura com a geometria euclideana, Kusnetsov encontra um paralelo mais sutil entre os dois pensadores:

*"A noção de que a existência sem harmonia é uma ilusão ou que a harmonia é apenas conseguida menosprezando destinos individuais, constitui a ligação entre os problemas éticos dos livros de Dostoyevsky e as conclusões físicas implícitas nas teorias de Einstein."*<sup>(57)</sup>

De um lado estão as inquietações racionalistas e religiosas de Ivan e Aliósha, do outro a busca da harmonia cósmica de Einstein que, embora baseada no coletivo das partículas, não pode ignorar o "destino" de uma única partícula individual. Afinal, "Deus não joga com dados", afirmava Einstein.

Kusnetsov conclui seu livro com uma síntese do seu paralelo entre o romancista e o físico:

*"Nos efeitos científicos e sociais do avanço e aplicação da física moderna, encontramos novamente o problema da harmonia macroscópica e destinos individuais. A ciência promete ao homem uma tremenda expansão dos recursos energéticos, com a aplicação de novas formas de energia. Esta expansão, acoplada com a automação cibernética, capacitará os homens a se concentrarem na solução de problemas mais gerais e fundamentais. Isto exige uma consciência viva, um sentido da responsabilidade pelo destino de cada ser humano individual. Este sentimento, tão intenso em Einstein, provém em parte da galeria de personagens sofredoras que Dostoyevsky introduziu na cultura mundial."*<sup>(58)</sup>

Laços fortes entre a literatura e a física encontramos em muitos outros autores: em Bertold Brecht, no seu contundente retrato de Galileu Galilei; na ficção científica de Ray Bradbury, de Arthur Conan Doyle e de Fred Hoyle, para nomear apenas alguns mestres desse gênero de literatura; no debate ético entre "Os físicos" de F. Dürremat; ou ainda na discussão política do "Caso Oppenheimer", de

H. Kipphardt, que coloca seu personagem-físico nuclear falando algo que é ainda hoje significativo:

*"Refletindo sobre mim mesmo, um cientista, um físico em nosso tempo, comecei a me perguntar se não ocorreu realmente, qualquer coisa como uma traição mental(...) Quando penso que, para nós, se tornou fato corriqueiro que também as pesquisas fundamentais da física nuclear fiquem cercadas de um sigilo do mais alto grau, que os nossos laboratórios sejam pagos pelas administrações militares e vigiados, como objetos bélicos, quando penso no que se teriam transformado, num caso análogo, as idéias de Copérnico ou as descobertas de Newton, aí eu pergunto a mim mesmo se nós não praticamos, efetivamente, uma traição ao espírito da ciência, ao cedermos aos militares o nosso trabalho de pesquisa sem pensarmos nas conseqüências..."*<sup>(59)</sup>

Creio que a finalidade deste capítulo, embora inacabado pois muitos outros temas poderiam ter sido ainda mencionados e desenvolvidos, já foi cumprida. Fica assim estabelecida a necessidade de complementar a visão internalista, essencialmente epistemológica, oferecida pelos historiadores da ciência, com a visão externalista, que pode ser encontrada nas mais variadas fontes que exploram os condicionantes sociais, econômicos, religiosos e culturais que marcam o espaço e o tempo da ciência.

#### NOTAS E REFERÊNCIAS

1. Marx, Karl. Textos filosóficos. Editorial Estampa, Lisboa, 1975, págs. 106/107. Original alemão.
2. Essa idéia, defendida por muitos historiadores da ciência brasileiros e por cientistas, de que o desenvolvimento científico teria ocorrido apenas nos últimos

- cinquenta anos da história do Brasil é contestada num interessante artigo de Wojciech Kulesza, "Para uma história da ciência internacional", mimeografado, 1988, págs. 1/5.
3. Rose, Hilary e Rose, Steven. The radicalisation of science. In: livro com esse título editado pelos dois. The Macmillan Press, London, 1976, pág. 13.
  4. É claro que o sistema educacional não propõe que isso assim seja, porém a forma dominante de ensino de ciências acaba produzindo este efeito. Mais sobre este tema nos capítulos 1 e 6.
  5. Rose, H. e Rose, S. Ref. 3, pág. 25.
  6. Sodré, Nelson Werneck. Síntese de história da cultura brasileira. Ed. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 4ª. edição, 1976, págs. 3/4. Esse verbete "cultura" utilizado por N.W. Sodré consta do "Dicionário Filosófico Abreviado", de M. Rosental e P. Iudin, Ediciones Pueblos Unidos, Montevideu, 1950.
  7. A dificuldade de lidar cientificamente com "problemas reais" do cotidiano não é uma exclusividade de países subdesenvolvidos. O físico francês Lévy-Leblond, quando desempenhava funções junto ao governo Mitterand, na França, afirmou que a maioria dos franceses não partilhava da "cultura científica". Em estudo recente nos Estados Unidos sobre a cultura geral do cidadão médio americano, chegou-se a diagnósticos dramáticos, em particular com relação aos conhecimentos científicos. O mesmo ocorre na Inglaterra. Essa situação virou até notícia de jornal. Por exemplo, o Jornal da Tarde, de São Paulo, em sua edição de 21/01/1989, relata o seguinte:
 

"Quase dois terços dos britânicos não sabem que a Terra demora um ano para dar volta ao redor do Sol e outro terço ainda acredita que o Sol "é que gira ao redor do nosso planeta". A constatação é de um estudo publicado esta semana pela imprensa londrina..

Este estudo teve como objetivo determinar os conhecimentos científicos da população e foi realizado por John Durant, da Universidade de Oxford, paralelamente a outro idêntico que está sendo feito nos Estados Unidos por John Miller, da Universidade de Illinois. Os dois estudos revelam uma grande ignorância dos dois povos com relação à ciência, ainda que no geral ela seja maior por parte dos britânicos, afirma Durant.

No conjunto, somente um de cada 20 adultos pode ser qualificado como "cientificamente culto".

É o fenômeno do "analfabetismo científico".

8. Sodré, N.W. Ref. 6, págs. 19/20.
9. Ianni, Octávio. Imperialismo e cultura. Editora Vozes, Petrópolis, 1976, pág. 7.
10. Se atentarmos para o fato de que a "cultura" é hoje uma categoria que ganha um destaque muito maior que em outras épocas, atingindo uma dimensão universal, é compreensível que o homem contemporâneo deixe de ser designado como homosapiens, e passe a ser chamado de homo culturalis, como sugere Amílcar Herrera, que acrescenta que para esse homem contemporâneo
 

"... sua vida individual está muito mais condicionada pelo universo cultural que ele mesmo criou do que pelas características físicas do lugar geográfico que habita."

 Herrera, Amílcar. A grande jornada. Ed. Paz e Terra, São Paulo, 1982, págs. 60/61.
11. Rose H. e Rose S. Science and Society. Penguin Books, London, 1971, pág. 11.
12. Sodré, N.W. Ref. 6, pág. 43.
13. Azevedo, Fernando de. A cultura brasileira. Introdução ao estudo da cultura no Brasil. Ed. Universidade de Brasília, 1963, pág. 379. Original de 1943.

14. Solla Price, Derek de. A ciência desde a Babilônia. Ed. Itatiaia e EDUSP, São Paulo, 1976, págs. 145/146.
15. Merton, Robert K. Sociologia, teoria e estrutura. Ed. Mestre Jou, São Paulo, 1970, pág. 686. Original inglês de 1968 (1a. edição ampliada).
16. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 684.
17. Colégio Pansófico vem de "pansofia" que se refere à ciência universal ou a todo o saber.
18. Bernal, John Desmond. Science in History. Penguin Books, England, 3<sup>rd</sup> edition, 1969, pág. 451, (1<sup>a</sup> edição de 1954).
19. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 686.
20. Comenius, John Amos. The great didactic, Londres, 1896, págs. 292 e 337. Citado por Merton, R.K., ref. 15, pág. 686.
21. Bernal, J.D. Ref. 18, pág. 450.
22. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 712.
23. Merton, R.K. Ref. 15, págs. 711/718.
24. Hessen, Boris. As raízes sociais e econômicas do "Principia" de Newton. Rev. de Ens. de Fís., vol. 6, n<sup>o</sup> 1, abr/1984, pág. 51.
25. Esses cientistas britânicos - sua vida, seu trabalho e sua militância-política - estão muito bem desenhados num livro de Gary Werskey.  
 "À parte de sua própria pesquisa, a principal tarefa intelectual de nossos

- personagens, na década de trinta, foi fundir seus compromissos políticos e profissionais numa perspectiva coerente, que simultaneamente persuadia trabalhadores científicos em direção à Esquerda e contribuía para o desenvolvimento da tradição cultural Marxista na Inglaterra."
- Werskey, Gary. The visible college. A collective biography of British scientists and socialists of the 1930s. Allen Lane/Penguin Books, 1978. pág. 176.
26. USSR Academy of Sciences. Institute of the History of Natural Sciences and Technology. Nauka Publishers, Moscow, 1981, pág. 20. Esta publicação apresenta alguns dos livros que surgiram nessas condições: "The social function of science" (1939) de John D. Bernal, "Daedalus, or science and the future" (1934) de J. Haldane, "Science for the citizen" (1938) de L.Hogben e "The social relations of science" (1941) de J. Growther. Este mesmo trabalho sugere que o artigo de Hessen também teria estimulado R. Merton neste campo de pesquisa, com a apresentação em 1938 de seu primeiro trabalho que tinha por título: "Science, technology and society in the seventeenth century England", Osiris. v. 4.
  27. Clark, G.N. Science and the social welfare in the age of Newton. Oxford, 1937.
  28. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 720.
  29. Hessen, B. Ref. 24, pág. 52.
  30. Merton, R.K. Ref. 15, págs. 632/633.
  31. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 633.
  32. Santos, Irineu R. dos. Os fundamentos sociais da ciências. Ed. Polis, São Paulo, 1979, pág. 29.
  33. Santos, Irineu R. dos, Ref. 32, pág. 39.

34. Merton, R.K. Ref. 15, pág. 631.

35. Rose, H. e Rose, S. Ref. 3, pág. 5.

36. O termo "Machista" vem das posições filosóficas assumidas pelo físico e filósofo Ernst Mach que defendia um positivismo empiricista para o desenvolvimento da física. Ele teve forte influência sobre os físicos do final do século passado e início deste, particularmente sobre Einstein quando jovem. O termo "machista" ganhou uma coloração mais política por ocasião da publicação do livro "Materialismo e empiriocriticismo" de Lenín.

37. Joravsky, David. Soviet marxism and natural science - 1917/1932. Columbia University Press, New York, 1961, págs. 185/189.

38. Bukharin, N.I. et alli. Science at the cross roads. Frank Cass & Co. Ltd., London, 1971, págs. XIII/XVIII.

39. T.D. Lysenko foi um biólogo que, juntamente com I.V. Michurin, opôs-se à genética Mendeliana ressuscitando antigas teses de Lamarck. Nessa concepção o papel do meio ambiente era considerado o fator mais importante na transformação de variedades vegetais. O aparente sucesso conseguido por Lysenko na vernalização de sementes de trigo impulsionou suas idéias criando um movimento, o lysenkismo, que dominou a genética soviética da década de 30 até meados da década de 50, isto é, durante a era dominada por Stalin. Este evento é utilizado de forma oportunista por aqueles que consideram danosa qualquer interferência externa à ciência sobre seu planejamento e desenvolvimento. Há um interessante artigo sobre este assunto, "The problem of Lysenkoism", de R. Lewontin e R. Levins, que consta do livro dos Rose, ref. 3, págs. 32/64.

40. Mikulinski, S. e Kelle, V.J. O socialismo e a ciência. Academia das ciências da URSS, Moscou, 1987, págs. 105/106.

41. Althusser, Louis. Lenin and philosophy and other essays. N.L.B., London, 1971, págs. 27/68.

42. Hodgkin, Luke. Politics and physical sciences. Radical Science Journal, nº 4, 1976, págs. 35/37.

43. Gramsci, A. Prison notebooks, pág. 468. Citado na ref. 42., pág. 33.

44. Marcuse, Henri. A ideologia na sociedade industrial. Zahar, Rio de Janeiro, 1967.

45. Mikulinski, S. e Kelle, V.J. Ref. 40, pág. 100.

46. Ciência e Cultura, vol. 39, nº 5/6, maio/junho 1987, pág. 451.

47. Cunha, Antonio Brito da. Resenha de texto didático de biologia. Ref. 46, pág. 575.

48. Há uma série de cientistas que se especializaram no relacionamento entre as medidas de inteligência (QI) e o desenvolvimento educacional. Em particular o americano Arthur R. Jensen e o inglês H.J. Eysenck. Muitos destes estudos chegaram a atribuir uma inferioridade genética aos negros em relação ao seu desempenho em termos de QI. Os Rose atribuem esse tipo de "conclusão científica" à "ideologia burguesa na ciência" (Ref. 3, pág. 22). Stephen G. Brush apresenta um interessante exemplo deste tipo de pesquisa científica. Diz ele que quando da primeira utilização da bateria de testes de Binet, devidamente adaptada ao contexto norte-americano por pesquisadores da Universidade de Stanford, durante a década de 10, os testes foram aplicados acerca de mil crianças

da Califórnia. Resultado: as meninas tiveram em média um QI maior do que os meninos. Os pesquisadores fizeram alterações na bateria de testes, agora chamadas de "testes de QI Stanford-Binet", até que a média fosse a mesma indistintamente da diferença sexual. Noutra aplicação do teste foram sujeitos cerca de um milhão e setecentos mil soldados durante a primeira guerra mundial. Resultado: os brancos apresentaram resultados de QI superiores aos negros. Os pesquisadores não alteraram a bateria de testes neste caso. Como afirma S.G. Brush: "Eles não queriam aceitar o resultado de que as mulheres têm uma inteligência geral levemente superior à dos homens; este parece ser um daqueles casos em que não se permite que uma anomalia refute uma teoria mas é removida por ajustamentos adequados. Compare com o resultado de que os brancos têm inteligência superior que os negros, que foi perfeitamente aceitável (para psicólogos brancos do sexo masculino) e, portanto, não levou a nenhum ajustamento do teste." (Stephen G. Brush. Scientific revolutionaries of 1905: Einstein, Rutherford, Chamberlin, Wilson, Stevens, Binet, Freud. In: Mario Bunge and William R. Shea (eds.). Rutherford and physics at the turn of the century. Dawson and Science History Publications, New York, 1979, págs. 157/158).

49. Um exemplo disso é dado por S. Anderson no seu artigo "Science, Technology and black liberation", quando menciona que o químico Louis Fieser, inventor do famigerado Napalm, e também autor de textos didáticos universitários de química de larga utilização, foi também o autor de um livro que tem o singelo, despersonalizado e neutro título "O método científico", no qual descreve o desenvolvimento desse instrumento de guerra. (Ref. 3, pág. 126).

50. Lévy-Leblond, Jean-Marc. Ideology of/in contemporary physics. In: ref. 3, págs. 139/142.

51. Platão. Diálogos IV. Publicações Europa-América, Lisboa, s/data, págs. 266/267. Tradução de versão francesa de 1969.

52. Poe, Edgar Allan. Poesia e prosa - obras escolhidas. Edições de Ouro, 1966, págs. 364/405.

53. Dostoyevsky, Fiódor M. Os irmãos Karamazovi. Abril Cultural, São Paulo, 1971, pág. 177. Original russo de 1879/80.

54. Boris Kusnetsov é autor de vários livros sobre a teoria da relatividade e também de uma biografia de Albert Einstein. Foi também o presidente do "International Einstein Committee".

55. Esse paralelo entre a obra literária de Dostoyevsky e os conceitos científicos foi alvo de um "exercício teatral" encenado em março de 1988, em São Paulo, no Teatro Mars. Esse exercício tinha roteiro e direção de Bia Lessa que, inclusive, escreveu um breve texto sobre o tema, no qual afirma que nas suas oficinas teatrais eram levantados e discutidos

"... os pontos de contato que intuíamos existir entre a forma como Dostoyevsky construía suas imagens literárias e as imagens que nos eram sugeridas pelo estudo da física moderna. (...) Podemos também surpreender o autor apresentando uma trama na qual o destino das personagens está sujeito às ingerências do acaso."

Mais adiante, Bia Lessa sugere um exercício teatral que remete diretamente para a sugestão de um exercício pedagógico:

"... pensar a cena através de uma perspectiva pela qual a trama criada pelas relações humanas estivesse relacionada ao contexto maior dos fenômenos cósmicos e universais. Através desse raciocínio proporfamos a discussão teatral das possíveis relações entre o homem e o universo que o cerca."

Lessa, Bia e equipe. Dostoyevsky e a física. Folha de São Paulo, 13/03/1988, pág. F1.

56. Kusnetsov, Boris. Einstein and Dostoyevsky. Hutchinson Educational, London, 1972, pág. 59. Original russo de 1972.

57. Kusnetsov, B. Ref. 56, pág. 72.

58. Kusnetsov, B. Ref. 56, pág. 108.

59. Kipphardt, Heimar. O caso Oppenheimer. Ed. Brasiliense, São Paulo, 1966, pág. 154.

## CAPÍTULO 6

### A FÍSICA ESCOLAR

*"Um círculo vicioso foi estabelecido entre a escola e a universidade pelo qual uma não pode alterar o currículo devido às objeções da outra. A ciência é ensinada de tal forma a permitir que uma fração dos ensinados vá para a universidade a fim de aprender a ensiná-la dessa mesma forma para as futuras gerações."*

*John D. Bernal(1)*

Merece reflexão o fato de que a epígrafe deste capítulo, extraída de um livro escrito há mais de cinquenta anos e para um contexto muito diferente do nosso, ser acuradamente atual e pertinente à situação de ensino entre nós. Em seu livro, que aborda os mais diversos aspectos da função social da ciência, com forte ênfase na física, Bernal escreveu um capítulo dedicado à ciência na educação, onde descreve a situação do ensino de ciências nas escolas secundárias e nas universidades. Bernal afirma que a presença da ciência no sistema educacional europeu foi um acontecimento tardio. Na educação medieval ele não se surpreende com a sua ausência, mas afirma que os grandes desenvolvimentos científicos dos séculos XVII e XVIII ocorreram não por causa mas apesar do lugar ocupado pela ciência na educação. Vimos brevemente no capítulo anterior as mudanças que ocorreram na Europa a partir do trabalho de educadores, como Comenius, que batalharam pela participação da ciência na educação. Bernal afirma que as chamadas disciplinas clássicas dominavam o cenário educacional e que quando a ciência finalmente ganhou os bancos escolares isto ocorreu com uma forte

influência metodológica do ensino desses clássicos.<sup>(2)</sup> Desta forma, a metodologia científica que guiou os passos dos primeiros cientistas não comparece nos primeiros passos da ciência na escola.<sup>(3)</sup>

Creio que o desenvolvimento deste trabalho, até este ponto, já foi suficiente para não só oferecer um quadro dos aspectos negativos da física majoritariamente ensinada em nossas escolas, como também para indicar temas que devem estar presentes tanto na formação do professor quanto nas salas de aula, no sentido de alterar essa situação. Como já mencionei no Capítulo 1, a física ensinada em nossas escolas é essencialmente matemático-operacional, metodologicamente pobre, sem experimentos, sem história interna ou externa e desligada da vivência dos alunos e da prática dos cientistas. Por tudo isso, a física ensinada nas escolas, a física escolar, nasce sob o signo do distanciamento com relação à "física real".

Será que essa distorção ocorre por razões "didáticas"? É possível, sem dúvida devido a "más didáticas". Por exemplo, a ênfase em se ensinar algo que seja possível "devolver" depois num exame, seguindo o lema comportamentalista de "não ensinar aquilo que não possa ser avaliado". Isso provoca a trivialização do conhecimento a ser ensinado.

Provas e exames, a avaliação enfim, podem trazer contribuições à tarefa dupla de ensinar e aprender, quando elaborados adequadamente. No entanto, Jerome Bruner alerta que

*"É óbvio que um exame pode ser ruim no sentido de enfatizar aspectos triviais de uma matéria. Tais exames podem encorajar um ensino numa forma desconexa e a aprendizagem por simples memorização."*<sup>(4)</sup>

Ao mesmo tempo, Bruner salienta que exames bem feitos podem desempenhar o papel de reguladores positivos da definição do currículo e da eficiência no ato de ensinar. No caso brasileiro temos a "invasão", na escola média, de um tipo de exame preparado pelas universidades para selecionar seus ingressantes de uma grande massa de estudantes que terminaram o segundo grau. Dada a alta expectativa de ingressar em algum tipo de curso superior por parte

destes alunos do segundo grau, os exames vestibulares acabam tendo uma influência marcante na definição dos currículos das escolas, principalmente naquelas disciplinas consideradas "mais nobres", entre as quais, seguramente, encontra-se a física. Desta forma, mesmo considerando que os exames de ingresso às universidades sejam bem feitos, no sentido indicado por Bruner, isto é, por exemplo, no caso da seleção para cursos de engenharia ou da área de ciências exatas, as provas de matemática e física sirvam para avaliar um certo conhecimento básico nessas áreas, deve-se perguntar se tal "conhecimento básico" é também útil para alunos egressos do segundo grau que irão frequentar cursos superiores que não têm a matemática e/ou a física como disciplinas básicas. E, principalmente, deve-se colocar a questão com relação à grande maioria desses alunos que sequer conseguirá continuar seus estudos após o segundo grau. Se partirmos da hipótese de que, pelo menos na grande maioria de nossas escolas de segundo grau, públicas ou particulares, a definição do que passa por conhecimento em física é ditada pela orientação que é fornecida pelos exames vestibulares<sup>(5)</sup>, para que serve essa "física escolar" para aqueles que não vão continuar seus estudos num curso superior ou, se vão, não terão a física como disciplina básica?

Esse raciocínio pode sugerir que se utilizem diferentes tipos de "física escolar": um para aqueles que pretendem cursar escolas superiores que têm na física uma de suas disciplinas básicas, outro para aqueles que vão fazer cursos universitários na área de humanas e similares e um terceiro, ainda, para aqueles, a maioria, que não vão continuar seus estudos. Seria essa a solução adequada para este problema? Certamente não. Como vimos, o ensino de física, em média, é o mesmo para todos os alunos indistintamente do que pretendam fazer depois de concluído o segundo grau. Por razões que creio já suficientemente expostas no capítulo 2 defendo um único tipo de educação para todos, ao menos no nível básico do segundo grau. Assim, a solução de nosso problema reduz-se a alterar o ensino de física de tal forma a atender aos três grupos descritos. Como fazer isso? Isto é, como transformar a física num elemento de cultura para todos? Será que para realizar essa transformação basta acrescentar alguns elementos que "humanizem" o ensino da física de um lado e, do outro, acrescentar tópicos de física contemporânea

que "modernizem" esse mesmo ensino ? Ou será apenas necessário acrescentar nesse ensino de física tradicionais exemplos de aplicação a problemas do cotidiano ? Ou ainda, num aspecto mais diretamente educacional ou pedagógico, basta transformar a apresentação desse mesmo conteúdo tradicional de forma a apresentá-lo de "modo dialogal" (à Paulo Freire), procurando "temas geradores" que justifiquem o aprendizado daqueles tópicos ? Ou ainda, será que devemos simplesmente substituir o atual ensino de física pelo ensino da história da física ?

Se a solução fosse no caminho do aparentemente simples, teríamos apenas que acrescentar tópicos de física moderna para complementar o currículo, focalizar a solução de problemas de tal modo a contemplar aspectos e coisas do cotidiano e acrescentar alguns elementos de história da física. Se o caminho fosse este, estaríamos partindo da premissa de que a "física escolar" é apenas incompleta e o adjetivo "escolar" seria sem sentido. Utilizando os exames vestibulares - afinal são realizados por professores universitários de física - como referencial, poderíamos dizer que as questões de física desses exames constituiriam um bom parâmetro para avaliar o que passa por conhecimento da física clássica na escola. Para trabalhar um pouco mais o raciocínio nesta direção, tendo ainda os exames vestibulares como fonte de informações e análise, vou utilizar alguns resultados de um trabalho recente de Jesuina Lopes de Almeida Pacca, que fez um estudo detalhado do exame de física da FUVEST<sup>(6)</sup> de 1981. O objetivo desse estudo era identificar estruturas de raciocínio utilizando um modelo de desenvolvimento de estruturas mentais com base nas teorias de Piaget. Pela característica intrínseca da análise proposta, o aspecto conteúdo de física é um dos pontos centrais do trabalho, desse modo, seus resultados acabam revelando informações relevantes sobre o próprio conteúdo que se espera o aluno tenha trabalhado para se preparar para o exame. Noutras palavras, as questões propostas revelam o conteúdo de física exigido e a metodologia de solução. Segundo o trabalho de Jesuina, os tópicos estavam assim divididos: de um total de vinte questões, nove referiam-se à mecânica (quatro de cinemática, quatro de dinâmica e uma de estática), quatro abordavam a eletricidade, três relativas à óptica e ondas, três sobre física térmica e uma sobre grandezas físicas.<sup>(7)</sup> Portanto, quase metade da prova referia-se ao ensino da

mecânica que realmente é a parte da física mais presente em nossas salas de aula, quando não a única.

Numa avaliação geral sobre esse conjunto de questões, Jesuina tece alguns comentários relevantes para a análise desenvolvida neste capítulo:

*"Essa maneira de avaliar (certo ou errado) favorece, de certa forma, um conhecimento feito de respostas prontas, padronizadas, decoradas e soluções improvisadas (...)*

*É claro que sempre se pode dizer que a preocupação da prova de física é avaliar o conteúdo específico de física. Mas (...) onde será avaliada e, de algum modo, valorizada a capacidade de pensamento (...)*

*Além disso, um outro fator também importante a considerar é a mensagem que o vestibular leva para o ensino de 1º e 2º graus. A exigência de conteúdos muito específicos e a desvalorização de seqüências de raciocínio nas avaliações não estimula o ensino que se diz mais voltado para a formação do que para a informação que deveria ser a preocupação do 1º e 2º graus; ao contrário, esvazia esta etapa fundamental de escolaridade, deslocando para os cursinhos a fonte de informações e habilidades para o ingresso na Universidade."<sup>(8)</sup>*

Dessa avaliação e das ponderações que deixa expressa nas suas conclusões, depreende-se que a física avaliada nesse tipo de prova, presente nos exames vestibulares, estimula a memorização de fórmulas<sup>(9)</sup> e de solução de problemas-padrão "que os livros didáticos do segundo grau e os "cursinhos" resolvem abundantemente"<sup>(10)</sup>, desligados da realidade do aluno, eu acrescentaria, da realidade da física enquanto uma área do conhecimento.<sup>(11)</sup> Assim, esta análise também corrobora a realidade da presença da "física escolar" nas escolas de segundo grau e, principalmente, nos cursinhos que, infelizmente, se transformaram em paradigmas do que ocorre naquelas, já que inclusive os livros didáticos que nasceram como apostilas de cursinhos são os que dominam o cenário dos livros adotados, em detrimento de outros de melhor qualidade que são praticamente desconhecidos pelos professores de física, como veremos com mais detalhes ainda neste capítulo.

Antes de prosseguirmos nesta análise contemporânea da física escolar, creio ser interessante retomar um fio histórico a partir das observações de Bernal citadas no início do capítulo. Bernal dizia que houve épocas em que o ensino de física, assim como o das outras ciências, era praticamente inexistente no currículo escolar. Mesmo no final do século passado e início deste isso ocorria em centros desenvolvidos do mundo, assim como no Brasil. Por exemplo, no final do século passado, à época do reinado de Pedro II, as disciplinas clássicas dominavam a carga horária das escolas: artes, línguas, filosofia, retórica, poética, história e geografia. A quase inexistência das ciências nos currículos escolares do Brasil-Ímpério era reclamada por alguns intelectuais,

*"... imbuídos das idéias do positivismo, (que) não economizavam loas à ciência, enfatizando sua força comteana de desenvolver a atitude crítica que resultaria na perfeição do espírito."*(12)

Pensamento desse tipo dominava o cenário no final do império e no nascimento da república, em que intelectuais influenciados pelo filósofo Augusto Comte não só desenhavam e pintavam a bandeira nacional e escolhiam o lema nela inscrito ("ordem e progresso"), como também teciam comentários a respeito de todas as atividades sociais, por exemplo, na educação, como deixou expresso, nas palavras abaixo transcritas, o "águia de riana", Rui Barbosa:

*"A ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental, discernir relações, comparar as analogias e dessemelhanças, classificar as realidades e induzir as leis, eis a ciência, eis portanto o alvo que a educação deve ter em mira. Ora, os nossos métodos e os nossos programas tendem precisamente ao contrário (...) Em vez de educar no estudante os sentidos, de incentivá-lo a pensar, a escola e o liceu entre nós ocupam-se exclusivamente em criar e desenvolver nele os hábitos mecânicos de decorar e repetir. A ciência e o sopro científico não passam por nós."*(13)

A partir do início deste século essa situação começou a sofrer transformações com a introdução do ensino de ciências nas escolas médias. Um dos fatores mais significativos para a introdução do "sopro científico" entre nós foi a criação das Faculdades de Filosofia (na USP em 1934, a primeira), que tinham

entre seus objetivos centrais a formação de professores para o ensino médio e o início da pesquisa científica entre nós.

*"Foi somente depois da revolução de 1930 que <sup>surgiram</sup> as primeiras escolas de engenharia química, assim como as faculdades de filosofia, ciências e letras, destinadas, estas últimas, a formar professores para as escolas secundárias e, em princípio, a estimular a pesquisa na ciência e na cultura."*(14)

Por essa época já era possível encontrar mestres ensinando física, auxiliados por equipamentos experimentais timidamente introduzidos nas melhores escolas acadêmicas e técnicas (quase todas elas públicas e gratuitas). Porém, desde logo, a ênfase acabou sendo voltada para o ensino preparatório para o ingresso nas universidades. Isto fica claro com a divisão entre os tipos "clássico" e "científico" de cursos colegiais (equivalentes aos atuais cursos de segundo grau) oferecidos nas décadas de cinquenta e sessenta. Apenas nos colégios com classes de "científico" eram ensinadas as ciências exatas. Mais tarde ainda ocorreu uma subdivisão dos cursos científicos nos tipos "medicina", com ênfase no ensino de ciências biológicas, e "engenharia", com ênfase na matemática e na física. De qualquer forma, a realidade já era bem diferente da encontrada no início do século. A partir de então começaram a surgir preocupações e publicações sobre a física para a escola secundária. Até mesmo os expoentes da física brasileira de então escreviam ou traduziam textos para essas escolas. Esse foi o caso de Mário Schemberg, José Leite Lopes e Jaime Tiomno, por exemplo. Os dois últimos escreveram um artigo sobre o ensino de física, datado de 1952, onde se posicionavam quanto ao papel do livro didático de física:

*"No caso da física, o livro de texto deve, em cada assunto, começar por descrever os fenômenos mais simples, mostrando sempre que possível como funcionam os fenômenos relativos ao assunto e que são ligados à vida diária; a interpretação física dos mesmos deve ser simples, intuitiva, de modo que os estudantes sintam e visualizem o seu mecanismo; o uso da matemática na física não deve, no nível do ensino secundário, ser exagerado, sob pena de desviar a atenção do estudante, que deve estar antes voltada para dominar intuitivamente os fatos físicos da realidade que o envolve. Infelizmente, a maioria dos livros de texto existente em língua portuguesa para o ensino*

*da Física no curso secundário, é altamente insatisfatória. Preocupam-se mais com as definições e com a apresentação formalista dos assuntos, relegando a plano secundário ou omitindo, os fatos físicos mais simples. Daí resulta a concepção errônea de que a observação das leis relativas a esses fenômenos só pode ser feita mediante experiências complicadas (...) limitam-se os estudantes a memorizar assuntos para exame (...) não descobrem como é simples o funcionamento de objetos ligados com a vida diária."*(15)

Os dois físicos brasileiros, há mais de trinta e cinco anos, apontavam para duas condições que estão presentes na problemática situação do ensino de física atualmente: de um lado, a necessidade de organizar um ensino que parta de fenômenos relacionados com o cotidiano e que enfatize o mecanismo físico envolvido utilizando o essencial da linguagem matemática e muito do pensamento intuitivo; de outro lado, a crítica ao formalismo exagerado presente nos livros didáticos e, por extensão, na física escolar. Nessa época, Tiomno e Leite Lopes traduziram um texto didático norte-americano que consideravam ser um "livro padrão"<sup>(16)</sup> que deveria ter sido adotado nas escolas brasileiras.<sup>(17)</sup>

Nessa mesma época o ensino de ciências, particularmente o de física, sofria severas críticas por parte de cientistas e educadores. Nos Estados Unidos, no início da década de cinquenta, iniciou-se um movimento de renovação do ensino de física na escola média que culminou, em 1956, com a constituição do "Physical Science Study Committee", que se tornou mundialmente conhecido pela sigla PSSC. Inicialmente esse comitê planejara a confecção de filmes de física, especialmente voltados para a divulgação da física moderna junto a estudantes da escola secundária. Posteriormente a iniciativa ampliava-se abarcando a realização de uma proposta integral de ensino de física para essa escola com o desenvolvimento de materiais instrucionais que envolviam textos para os alunos, guias para os professores, aparatos experimentais e filmes didáticos. A partir do outono de 1957 o PSSC, que até então contava com a participação de alguns físicos do "Massachusetts Institute of Technology", que sediava o projeto, transformava-se num importante centro de ensino de física, impulsionado por grandes verbas concedidas pelo governo, envolvendo, além daqueles físicos, educadores, professores do secundário, psicólogos, fotógrafos, diagramadores, técnicos diversos e pessoal de apoio, num

total de quase trezentas pessoas.<sup>(18)</sup> Constituíam-se assim o primeiro "projeto de ensino de física" que nos anos seguintes inspiraria uma série de projetos nos Estados Unidos e em muitos outros países, inclusive no Brasil na década de setenta.

Além daqueles motivos genuinamente educacionais acima mencionados, um forte fator que influenciou a disposição e o financiamento de execução do PSSC foi o impacto provocado nos Estados Unidos pelo rápido desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela União Soviética nesse período. Não só davam mostras de estarem prestes a dominar a sofisticada tecnologia nuclear como, surpreendentemente, em 1957, os soviéticos colocavam em órbita terrestre o primeiro satélite artificial, o famoso Sputnik. Esse acontecimento esquentou a guerra fria no interior dos Estados Unidos. Se tinham que colocar a responsabilidade em algo por estarem perdendo a corrida científico-tecnológica, um dos bodes expiatórios escolhidos foi o sistema educacional americano, particularmente, o ensino das ciências.

Ainda no bojo da guerra fria esse projeto de ensino de física americano aportou em terras brasileiras e latino-americanas. Em 1962 o PSSC começou a ser traduzido para o português e o espanhol, empreendimento muito provavelmente inspirado pela "Carta de Punta del Este" que, entre outras medidas, acertou a expulsão de Cuba da Organização dos Estados Americanos, sob a inspiração dos Estados Unidos e outros países latino-americanos que buscavam dessa forma conter as "repercussões da vitória do socialismo em Cuba".<sup>(19)</sup> Como comenta Diomar R. S. Bittencourt:

*"A justificativa pela introdução do PSSC no Brasil, entretanto, não deve ser colocada apenas em termos de sua excelência, mas, em um contexto mais geral, em termos do relacionamento cultural, científico e educacional entre Brasil e Estados Unidos na medida em que, por exemplo, a tradução brasileira do PSSC contou com a colaboração financeira de diversas instituições norte-americanas e sua primeira edição (de 240.000 exemplares) foi feita pela USAID (Missão Norte-Americana de Cooperação Econômica e Técnica no Brasil) em prol da Aliança para o Progresso."*<sup>(20)</sup>

Coloco neste ponto um breve parêntese necessário para se compreender esse "patrocínio" na publicação de livros didáticos e outras formas de "ajuda" ao Brasil por parte da USAID, nesse período histórico. Os acordos "culturais" e "educacionais" com entidades "assistenciais" americanas acentuou-se após o golpe militar de 1964. É desse período o famigerado acordo MEC-USAID que foi um dos alvos principais do movimento estudantil das décadas de 60 e 70. Esse acordo atingiu, em maior ou menor grau, todos os níveis educacionais brasileiros. No nível superior, meta preferencial do acordo, destacou-se o trabalho de Rudolf Atcon<sup>(21)</sup> que elaborou um documento que serviu de base para o acordo MEC-USAID e para a reforma universitária. Tal documento circulou amplamente nos corredores ministeriais de vários países da América Latina, naqueles anos.

A política de publicação de livros didáticos também foi atingida pelas regras do jogo estabelecidas a partir da vigência do acordo MEC-USAID. Isso ocorreu através de um convênio firmado em 1967 que envolveu o Ministério da Educação e Cultura (MEC), o Sindicato Nacional de Editores de Livros (SNEL) e a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (USAID).<sup>(22)</sup> A pesquisadora Otaíza Romanelli denunciou essa ameaça e controle do mercado editorial do livro didático no país:

"Ao MEC e ao SNEL caberiam apenas responsabilidades de execução, mas aos órgãos técnicos da USAID todo o controle, desde os detalhes técnicos de fabricação do livro até os detalhes de maior importância como: elaboração, ilustração, editoração e distribuição de livros, além da orientação das editoras brasileiras no processo e compra de direitos autorais de editores não brasileiros, vale dizer, americanos."<sup>(23)</sup>

No início da década de 60 o PSSC foi divulgado e difundido no Brasil através de cursos para professores<sup>(24)</sup>. Nessa época o projeto acabou conquistando um espaço importante dentro dos cursos de licenciatura, particularmente no Instituto de Física da USP, onde foi adotado na disciplina "Instrumentação para o ensino de Física". Aí os futuros professores de física da escola secundária tinham a

oportunidade de tomar contato com todos os aspectos do PSSC, desde os textos para alunos e professores até os sofisticados equipamentos experimentais e os filmes didáticos. Como esse material é muito bem elaborado, com uma discussão dos conceitos, leis e teorias, bem como da parte experimental, razoavelmente aprofundada, sua aceitação por parte desses futuros professores, ou dos professores ativos através dos cursos de treinamento, era muito boa. Na verdade, muito mais que um exercício de familiarização e utilização dos materiais desse projeto de ensino, os alunos de licenciatura "reaprendiam" o conteúdo de física que deveria ter sido "aprendido" nas disciplinas básicas de física geral e experimental. Para esse fim o projeto PSSC mostrou-se de grande utilidade para a formação desses professores e para a mudança de mentalidade dos mesmos com relação ao domínio de uma área do conhecimento que envolve uma gama de habilidades diferenciadas como é o caso da física. Nesse sentido vale lembrar algumas "falhas" detectadas no início da década de sessenta entre estudantes brasileiros e relatadas em conferência internacional realizada no Brasil:

- "a) Falta de habilidade para realizar o mais simples trabalho experimental e um desprezo pelo trabalho manual;
- b) dificuldade em relatar observações e resultados;
- c) dificuldade de trabalhar sozinho sobre situações não discutidas em detalhe na aula;
- d) falta de interesse em qualquer matéria que não tenha sido vista em classe, e mais, grande dificuldade em estudar textos que não seguem o mesmo procedimento adotado nas aulas;
- e) falta de adaptação para trabalho em equipe."<sup>(25)</sup>

Assim, apesar de sua origem<sup>(26)</sup>, o PSSC trouxe uma série de contribuições ao nosso meio, da qual podemos destacar as seguintes:

- i. ampla introdução de atividades experimentais associadas aos diferentes conteúdos abordados, enfatizando inclusive, devido ao formato das experiências, o trabalho em pequenos grupos;
- ii. redução do número de tópicos do programa em favor de um maior aprofundamento daqueles selecionados<sup>(27)</sup>;

iii. os conteúdos eram organizados de tal forma que enfatizavam a discussão conceitual com pouca utilização de matemática que exigia um grande esforço de concentração do leitor-aluno;

iv. havia uma razoável utilização da "linguagem da física moderna" e mesmo de muitos conceitos mais contemporâneos, especialmente nos chamados "textos avançados" que serviam de leituras suplementares;

v. os guias para os professores desempenhavam uma função fundamental de apoio ao professor no preparo de suas aulas pois, além de sugestões de procedimento metodológico, aprofundavam ainda mais os tópicos contidos nos textos para os alunos;

vi. finalmente, caso pudesse ter sido utilizado de forma integral, a apresentação orgânica de textos, experimentos e filmes, oferecia uma visão mais completa da física enquanto ciência e, portanto, enquanto um elemento cultural, com todas as ressalvas que se possa fazer quanto a este aspecto.

Muitos professores de física da escola secundária relatavam a utilidade que foi sua experiência com o aprendizado do PSSC nas suas atividades em sala de aula. Muitos deles chegaram até a utilizar os textos do PSSC como livro em suas escolas. É claro que a aplicação do projeto em suas escolas ocorria num contexto diverso daquele que encontraram em seus cursos na universidade, já que as escolas não possuíam o material experimental e tampouco os filmes do PSSC.

Um outro projeto de ensino de física, que introduziu no Brasil a utilização da "instrução programada", foi o "Projeto Piloto", desenvolvido entre os anos de 1963 e 1964. Esse projeto foi produzido no Brasil, sob o patrocínio da UNESCO, contando com a participação de professores de física de vários países. Tal projeto visava a participação ativa do aluno, contando, para tanto, com um conjunto de experiências de laboratório em forma de kit. O Projeto Piloto foi traduzido para o espanhol, sendo utilizado em pequena escala em alguns países latino-americanos.

Em meados da década de 60 surgiu nos Estados Unidos uma outra iniciativa de produção de um projeto de ensino diferente do PSSC. Isso se deu por três motivos centrais. Em primeiro lugar, o fato de que naqueles anos (1964/65) o PSSC era adotado por apenas 20% dos alunos que haviam escolhido a física como uma de suas disciplinas. Em segundo lugar, o PSSC não havia conseguido estancar o declínio da opção pela física na escola secundária americana. Em terceiro lugar, estava havendo uma queda acentuada no número de bacharéis em física naqueles anos.<sup>(28)</sup> Esse novo projeto teve sua base operacional na Universidade de Harvard, daí ter ganho o nome de "Harvard Project Physics", ou Projeto Harvard.

O Projeto Harvard não foi designado para competir com o PSSC mas sim para atrair aqueles estudantes que não o eram pelo PSSC. Assim, esse projeto teria que ser diferente do anterior, não apenas devido a esse apelo educacional, mas também porque

*"Uma década passou desde que o Sputnik ajudou a disparar a centelha do primeiro round de desenvolvimento de currículos. Em termos de educação, aquela foi uma geração atrás. O trabalho foi desenvolvido dentro do contexto ideológico daquele tempo que foi, de muitas maneiras, completamente diferente do de hoje."<sup>(29)</sup>*

Essas palavras de Gerald Holton, datadas de 1967, sintetizam uma mudança de orientação na elaboração de currículo para o ensino de física. Começava, assim, a surgir um movimento de renovação no ensino de física que, além de procurar responder às críticas tradicionais sobre as deficiências desse ensino, era direcionado de maneira diversa da do PSSC. Era apresentado um conteúdo de física com uma estrutura e abordagem mais adequada para uma visão "humanista" da física. As intenções dos autores desse projeto eram as de tornar a física mais "palatável" para um amplo espectro de alunos da escola média, enfatizando os contextos histórico e filosófico das idéias físicas, reduzindo ao mesmo tempo as exigências matemáticas normalmente presentes nos cursos tradicionais.<sup>(30)</sup> Analogamente ao que ocorrera com o PSSC foi constituída uma extensa equipe de colaboradores das mais diversas especializações, incluindo, desta

vez, historiadores e filósofos da ciência. Há textos para os alunos, construídos com uma contínua utilização de situações da história da física. Por exemplo, a obra de Galileu é apresentada extensamente com frequente citação de trechos de seus trabalhos, a utilização do telescópio que fortaleceu sua crença copernicana, seus atritos com a Igreja, estão entre os pontos destacados. E mesmo os exercícios envolvem questões de análise de textos originais, além daquelas mais próximas do tratamento tradicional. O conjunto de experiências propostas também explora o contexto histórico, por exemplo, aquela que propõe a construção da órbita de Marte utilizando o mesmo método que levou Kepler à descoberta das órbitas elípticas dos planetas. Há ainda um conjunto de atividades que vai na mesma linha histórica. O projeto apresenta também um conjunto de filmes-sem-fim (loops) relacionados especificamente aos conteúdos abordados. O projeto completa-se com uma seleção de textos que incluem extratos de muitos clássicos da física. Além disso, ao longo dos diversos textos dos alunos, há referências a outras obras variadas, científicas ou não. É, enfim, uma tentativa honesta de procurar construir a física como parte integrante de um todo cultural. A intenção dos autores era a de que se o estudante

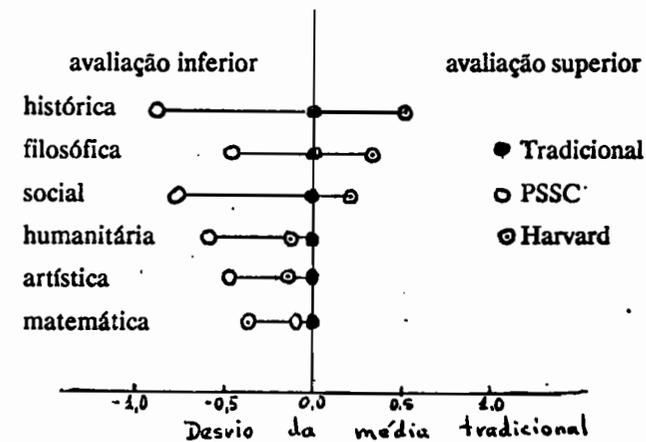
*"... entender o modo pelo qual a ciência influenciou uma determinada época da história, ele estará melhor preparado para entender como a ciência de ontem e a de hoje influenciam o mundo no qual ele vive."*<sup>(31)</sup>

Com esse objetivo norteando o projeto entende-se a ampla utilização da história da física ao longo dos diferentes temas de física abordados. Os autores pretendiam construir uma abordagem alternativa de apresentar a física para a escola secundária seguindo

*"... o preceito de que um curso de física pode usar a história da ciência ocasionalmente como um auxílio pedagógico sem se transformar num curso de história da física."*<sup>(32)</sup>

Foi realizado, nos Estados Unidos, um estudo comparativo entre o Projeto Harvard, o PSSC e o procedimento tradicional de ensino de física. Esse estudo foi feito junto a alunos que tiveram cursos de física segundo cada uma dessas três linhas pedagógicas. A figura abaixo apresenta um resumo dos resultados para

seis dimensões, utilizadas no estudo, que apresentaram diferenças de grupo significativas. Para cada uma destas dimensões as avaliações dos alunos dos projetos PSSC e Harvard foram tomadas relativas às dos alunos do curso tradicional, considerados, na figura, como o ponto (0, 0). Os dados mostram que o projeto PSSC oferece uma visão da física com características menos humanista, social e artística, além de, como já era de se esperar devido às diferentes concepções dos dois projetos, distanciar-se muito do Projeto Harvard nas dimensões histórica e filosófica. Os



autores desse estudo concluem que o conteúdo de um curso de física pode ter muita influência na visão que um estudante terá da física, e mais

*"Parece que a imagem da física tem fortes componentes negativas, que o currículo pode afetar tal imagem e que a mesma está relacionada com o interesse em estudá-la. A relação da ciência com o povo - sendo benéfica, social, artística e humanista - parece oferecer a melhor chance de recuperar o interesse e a audiência."*<sup>(33)</sup>

A influência do PSSC no Brasil não se reduziu à sua (pouca) utilização nas escolas secundárias. Ele também exerceu forte influência no início da década de setenta quando se iniciava um processo de "substituição de

importações" na área de material didático de física para as escolas secundárias, particularmente após o I Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em São Paulo, em 1970, que aprovou uma moção no sentido de que se estimulasse a produção de projetos nacionais de ensino de física.<sup>(34)</sup>

A partir dessa decisão do I SNEF, vários projetos de ensino foram desenvolvidos seguindo os mais diferentes enfoques, conteúdos e metodologias pedagógicas. Duas motivações básicas podem ser citadas para esse empreendimento; a primeira nascia da crítica aos projetos estrangeiros que teriam sido elaborados para realidades muito diferentes da nossa; a segunda motivação nasceu das críticas ao ensino tradicional.

O FAI (Física Auto-Instrutivo), sofreu forte influência do Projeto Piloto. Ele cobria todos os tópicos de física normalmente presentes nos programas, utilizando como metodologia pedagógica a instrução programada. Durante alguns anos esse projeto teve um razoável sucesso de venda e aceitação junto a professores<sup>(35)</sup>.

O PBEF (Projeto Brasileiro para o Ensino da Física) foi desenvolvido por duas equipes separadas abrangendo a mecânica e a eletricidade, com enfoques distintos; na parte de mecânica, a unidade "O céu" tem clara influência do procedimento técnico presente na apresentação astronômica do Projeto Harvard<sup>(36)</sup>.

O PEF (Projeto de Ensino de Física) foi desenvolvido por uma grande equipe, abrangendo a mecânica, o eletromagnetismo e a eletricidade, num conjunto de textos que funcionavam como uma espécie de guias de estudo pois, ao lado do material de leitura, eles apresentavam situações experimentais que davam continuidade ao texto com questões relacionadas com as medidas sugeridas e outras com pontos cruciais do texto teórico; apresentavam também leituras suplementares que complementavam os tópicos abordados ou serviam de aplicação do conteúdo a outros campos ou, ainda, introduziam algum aspecto da física moderna; esse projeto foi aplicado em algumas escolas de São Paulo e foi difundido pelo Brasil através de cursos de treinamento. É, a meu ver, um dos melhores materiais de ensino de física produzidos no Brasil, embora, como os

demais cursos tradicionais, também seja voltado para a preparação dos candidatos aos cursos superiores, a despeito da declaração de objetivos dos organizadores do projeto afirmar que o PEF seria destinado para a formação educacional em física mesmo daqueles que não vão fazer exame vestibular. É pena que a má distribuição do PEF pelo MEC, responsável pela edição e distribuição do material do projeto, tenha impossibilitado sua maior difusão que possibilitaria um feedback sobre sua utilização em salas de aula<sup>(37)</sup>.

Cabe neste ponto uma pergunta crucial: por que ocorreu essa decadência no ensino de física em nossas escolas de segundo grau? Antes de tentar responder é necessário ressaltar que há exceções nessa decadência: de um lado, nas escolas públicas, vamos encontrar professores que, apesar da dramática situação em que se encontram (péssimos salários, más condições de trabalho, desinteresse dos alunos, etc), ainda encontram tempo e espaço para procurar oferecer um ensino digno; de outro lado, escolas privadas que oferecem ainda um ensino de boa qualidade no sentido tradicional de preparação para os exames vestibulares. Fora estes casos excepcionais, a regra é a decadência. Os projetos brasileiros acima mencionados já quase não são utilizados em nossas escolas e os livros adotados de maior sucesso, aqui também com algumas poucas exceções, são de qualidade inferior até com relação aos textos utilizados antes da década de sessenta quando o que dominava eram os livros tradicionais de um ou dois autores e que abrangiam os quatro grandes temas do programa: mecânica, termologia, eletricidade e ótica.<sup>(38)</sup> Vários são os motivos para esta situação:

i. os baixos salários dos professores obrigam-nos a ministrar um número tão exagerado de aulas por semana que torna impossível qualquer dedicação minimamente necessária para oferecer um bom ensino. O preparo cuidadoso das aulas, lições de casa para os alunos e sua criteriosa correção, a busca de melhores livros e a constante atualização são atividades que não fazem mais parte do horário escolar do professor. Um professor tem que dar aulas em apenas uma escola e seu número de aulas não pode passar das vinte por semana se se quiser um ensino de bom nível; qualquer inovação no ensino esbarra certamente com esta limitação;

ii. a corrida para os exames vestibulares é outro fator que deteriora a qualidade do ensino de segundo grau, transformando-o num mero preparatório para esses exames, ou melhor, dada a nossa realidade, pode-se afirmar que os cursos de segundo grau são preparatórios para os cursinhos, intermediários praticamente obrigatórios entre o segundo grau e a universidade; os conteúdos abordados na escola se reduzem àqueles que compõem o programa dos exames vestibulares; como vimos anteriormente neste capítulo, uma melhor qualidade (no sentido de educação geral, no sentido de trabalhar com elementos culturais) dos exames poderia ter até um papel saneador, porém...

iii. um terceiro motivo poderia ser a política editorial de livros didáticos. Afinal, o livro didático é uma mercadoria. Deveria ser tratado como uma mercadoria especial em diversos aspectos: no seu conteúdo específico e pedagógico, no seu preço num país de pobres, na sua distribuição criteriosa, entre outros. Mas nada disso ocorre e o livro didático é apenas mais um elemento da indústria cultural e um dos que oferecem um substancial retorno de investimento para editores e burocratas. Enquanto em alguns países

*"... equipes de cientistas e pedagogos, técnicos de editoração, associações de pais e mestres, organizações de alunos, etc.; participam ativamente na definição dos conteúdos dos livros didáticos, sua produção e distribuição..."*(39), no Brasil, a edição dos livros didáticos fica à mercê da maior facilidade de consumo. O livro didático de mil e uma utilidades. E aqui entramos na "ciranda do livro didático": salários baixos para os professores, má formação desses professores nos cursos de licenciatura, excesso de aulas, opção por um livro didático que facilite o trabalho nessas aulas e que atenda à "ânsia dos exames vestibulares".

Muitos outros motivos poderiam ser acrescentados a esses: a concorrência da televisão; o desprestígio por que passa a escola de uma maneira geral, talvez decorrência da mudança de mentalidade entre os jovens, fruto da competitividade e individualismo instaurados juntamente com uma "modernidade" mal digerida, particularmente nas décadas de 70 e 80. A "massificação" do ensino não foi acompanhada por medidas complementares

necessárias: formação de mais professores, mais escolas, uma democratização do "poder" escolar, etc.

Caricaturando um pouco toda essa situação, particularmente no que diz respeito à escola pública, eu diria que esses e outros motivos acabam convergindo num só: os professores por falta de tempo, disposição e motivação acabam optando pelos livros didáticos que nasceram nas aulas de cursinhos pois, de um lado, já têm a destinação certa (preparar para o vestibular) e, de outro, facilitam o preparo das aulas já que apresentam um resumo "apropriado" da "teoria em física" e uma lista de exercícios e problemas típicos de exames que manterão os alunos ocupados por muito tempo. E assim, a física "escolar" passa a ser a física "vestibular".

## Notas e referências

01. Bernal, John Desmond. The social function of science. The M.I.T. Press, London, 1973, pág. 74. Primeira edição de 1939.
02. Por exemplo, na Inglaterra dos séculos XVII e XVIII os "clássicos" dominavam totalmente o cenário educacional. E mesmo depois:
- "No início do século XIX houve inúmeros ataques ao currículo tradicional. Os argumentos contra as escolas públicas eram que elas não estavam preparando os alunos para o mundo moderno. A despeito dos ataques, até a segunda metade do século XIX, latim e grego, junto com um pouco de história e geografia, ainda dominavam os currículos para a maioria dos alunos."*
- Lawton, Denis. Social change, educational theory and curriculum planning. University of London Press, 1973, pág. 86.
03. Bernal, J. Ref. 1, págs. 71/72.
04. Bruner, Jerome S. The process of education. Vintage Books, New York, 1963, pág. 30.
05. Os exames vestibulares desempenham um papel fortemente constrangedor, particularmente nos dois últimos anos do segundo grau. É muito comum o conteúdo de física desse período ser dedicado à solução dos problemas que "caíram" nos exames mais recentes. Como afirma Rubem Alves, tais exames são verdadeiros "vilões da educação brasileira", pois escondem, atrás de sua aura de objetividade na seleção dos mais capazes, sua real determinação econômica pois "os pobres são eliminados antes que a corrida comece".
- Alves, Rubem. Estórias de quem gosta de ensinar. Cortez: Autores Associados, São Paulo, 1984, pág. 81.

Em 1971, E. W. Hamburger chegou a sugerir o sorteio das vagas na universidade como forma de "humanizar" a seleção de candidatos. Sua proposta certamente não foi bem aceita pelas autoridades (internas e externas) educacionais.

06. FUVEST: Fundação Universitária para o Vestibular. Entidade da Universidade de São Paulo responsável pelos exames vestibulares que selecionam candidatos aos cursos superiores.
07. Pacca, Jesuina Lopes de Almeida. Um perfil dos candidatos ao vestibular da FUVEST. Tese de doutoramento, Faculdade de Educação da USP, 1983, pág. 28.
08. Pacca, Jesuina L. A. Ref. 7, pág. 32.
09. O exagero no ensino/aprendizagem de fórmulas, que denominei no infco deste trabalho de "formulismo", não é um "privilégio" do ensino de física, da física escolar. Nilson Machado aponta o mesmo inconveniente no ensino de matemática:
- "É o que ocorre, por exemplo, quando a matemática é tratada como uma linguagem em que a hipertrofia da dimensão sintática obscurece indevidamente o papel da semântica que é deixada em segundo plano."*
- Machado, Nilson José. Matemática e língua materna: uma impregnação essencial. Tese de doutoramento, FEUSP, São Paulo, 1989, pág. 8.
10. Em trabalho realizado entre 1976 e 1978, voltado para a utilização do livro didático de física do 2o grau, Décio Pacheco conclui que:
- "... 85% dos professores entrevistados indicaram os exercícios a serem resolvidos como a parte do livro adotado que eles mais solicitam que seus alunos consultem."*
- Pacheco, Décio. Tarefa de escola. Papyrus, Campinas, 1983, pág. 74.
11. Pacca, Jesuina L. A. Ref. 7, págs. 193 e 202.
12. Almeida Junior, João Baptista. A evolução do ensino de Física no Brasil. Revista de Ensino de Física, vol. 1, nº 2, out/1979, pág. 56.
13. Almeida Junior, João Baptista. Ref. 12, pág. 56.
14. Lopes, José Leite. O desenvolvimento da ciência e os povos do terceiro mundo. Revista Paz e Terra, nº 8, setembro/1968, pág. 99.
15. Tiomno, Jaime e Lopes, Joséino da física nos cursos secundários. Ciência e Cultura, vol. V, no 1, 1952, pág. 45.

16. Tiomno, J. e Lopes, José L. Ref. 15, pág. 46.
17. Trata-se do livro "Física na escola secundária", de Blackwood, Herron e Kelly. Tiomno e Leite Lopes escreveram o seguinte sobre esse livro:  
*"O livro oferece todo o material necessário para a preparação do estudante que se destina à Universidade. Enquanto os programas do curso secundário e os exames vestibulares não forem adaptados às reais necessidades de uma formação básica indispensável, deverá o professor suplementar os conhecimentos não apresentados pelo livro, procurando manter a mesma orientação e o mesmo método pedagógico."*  
 Tiomno, J. e Lopes, J. Leite. Rev. Brasil. de Estudos Pedagógicos, vol. XXXIII, out/dez 1959, pág. 246.
18. Carvalho, Anna Maria Pessoa de. O ensino de Física na Grande São Paulo. Tese de doutoramento, Faculdade de Educação da USP, 1972.
19. Ianni, Octavio. Imperialismo e Cultura. Editora Vozes, Petrópolis, 1976, pág. 45. O capítulo VI deste livro, "Imperialismo cultural na América Latina", é particularmente relevante na abordagem da guerra fria das décadas de cinquenta e sessenta e seu impacto cultural e educacional. Diz Octavio Ianni em um trecho desse capítulo:  
*"... a referida conferência adotou uma resolução especial, a propósito de um programa decenal para a educação nos quadros da Aliança para o Progresso, que os Estados Unidos criou no contexto político, econômico, militar e cultural da mesma conferência. Essa resolução aborda questões relativas ao ensino elementar, médio e universitário. (...) Tanto assim que várias reformas educacionais realizadas e em andamento em países da América Latina estão inspiradas nas diretrizes estabelecidas em Punta del Este. (...) abrir o ensino médio e superior às classes médias inquietas devido à "revolução de expectativas" (...) dar prioridade ao ensino técnico e profissional; tecnificar o ensino das humanidades e ciências sociais; despolitizar as relações e as organizações educacionais, seja no nível dos professores seja no dos alunos." (págs. 47/48).*
20. Bittencourt, Diomar da Rocha Santos. Uma análise do Projeto de Ensino de Física - Mecânica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, págs. 5/6.
21. Rudolf Atcon foi um assessor norte-americano para assuntos educacionais que passou por vários países da América Latina tendo, na década de 60, colaborado com autoridades do MEC na orientação da política educacional universitária brasileira. Em 1958, escreveu um trabalho ("Ante-projeto de concentração da política norte-americana na América Latina, na organização universitária e na integração econômica") que serviu de referencial para a USAID a partir de 1963, quando ficou conhecido como "A Universidade latino-americana".  
 Politécnico, Grêmio. Reforma Universitária. Forum Politécnico, 1968.
22. Freitag, Bárbara; Motta, Valéria Rodrigues e Costa, Wanderly Ferreira da. O livro didático em questão. Cortez: Autores Associados, São Paulo, 1989, pág. 14.
23. Romanelli, O. História da educação no Brasil: 1930-1973. Ed. Vozes, Petrópolis, 1978, pág. 213. Citado na Ref. 22, pág. 15.
24. O PSSC foi divulgado no Brasil sob várias formas:  
 i. Em 1962 a Fundação Ford financia um curso de verão para professores de física latino-americanos (23 de 9 países e 19 de 6 estados do Brasil);  
 ii. daí multiplicaram-se os cursos de verão, em geral liderados pelos professores que fizeram esse primeiro curso. No Brasil esses cursos foram organizados pelo IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura);  
 iii. em 1965 foram criados os "Centros de Treinamento para Professores de Ciências" em vários estados brasileiros. De 1967 a 1971 o Centro de São Paulo (CECISP), promoveu vários cursos.  
 iv. o PREMEN (Programa de Expansão e Melhoria do Ensino), um órgão do MEC, também colaborou para a divulgação do PSSC;  
 v. também a disciplina "Instrumentação para o ensino de física", introduzida nos currículos de licenciatura em 1962, contribuiu para a divulgação do PSSC.
25. Intervenção do professor Paula Leite na "International conference on physics in general education". Brown, S. C., Clarke, N. e Tiomno, J. (eds.) . The MIT Press, 1964.
26. Isto corrobora o que diz Octavio Ianni:  
*"É claro que esses programas nem sempre podem ser manipulados apenas segundo os interesses do imperialismo e os seus aliados nativos. A história de*

alguns desenvolvimentos reais desses programas indica fracassos, resultados positivos e, inclusive, resultados diferentes dos desejados pelos governantes." (Ref. 19, pág. 48).

27. É claro que essa seleção obedece a ditames não genuinamente educacionais, como já vimos no capítulo 2. Devido ao clima de guerra fria e de competição, duas influências claras desempenharam papéis importantes na definição dos tópicos do PSSC: de um lado, o desenvolvimento da física nuclear diretamente ligada com a competição com o "poderio nuclear soviético" e, do outro, a necessidade de atrair mais (e se possível, os melhores alunos) para o estudo e profissionalização na carreira científica, motivada também pela mesma competição dramatizada, para os padrões americanos, pelo fenômeno Spútnik. Eis um trecho de um artigo escrito por um grupo de cientistas americanos sobre este assunto:

"(...) Considere-se, por exemplo, o grande número de reformas de programas, assim como a criação de novos cursos aparecidos nos Estados Unidos depois do Spútnik. Essa grande expansão de programas foi financiada num quadro de um apoio maior à ciência por Instituições tais como: National Science Foundation, NASA, National Institute of Health, e of Health, e outras fundações importantes, e foi estreitamente supervisionada e sustentada pelo Pentágono (...)

O impacto de tais programas influenciou profundamente o ensino escolar de ciência. Programas são concebidos para preparar os estudantes à especialização profissional. Eles se apoiam sobre uma base teórica e sobre as matemáticas, excluindo quase que inteiramente a ciência prática, isto é, a abordagem e a compreensão do funcionamento das coisas da vida cotidiana. Por exemplo, o programa de física do PSSC, foi reservado a um pequeno número de escolares com a finalidade de levá-los a pensar em termos científicos e de fazer nascer entre eles o estado de espírito dos físicos profissionais. O projeto foi essencialmente feito no MIT por um grupo de físicos cuja experiência em matéria de armamento nuclear era longa e cujo contato com o ensino de ciência consistia quase que unicamente na formação profissional de pesquisadores(...)" (Science for the People, vol. 4, n<sup>o</sup> 5, setembro/1972).

28. Dados daquele biênio nos Estados Unidos: 20% dos alunos da escola secundária pública elegeram a física como uma de suas disciplinas. Quanto aos bacharéis, no biênio 61/62, 2,16% eram físicos; em 65/66, esse número caiu para 1,76% e em 69/70 estavam previstos 1,0%.
- Holton, Gerald. Project Physics, a report on its aims and current status. *The Physics Teacher*, vol. 5, no 5, May/1967, pág. 202.
29. Holton, Gerald. Ref. 28, pág. 209.
30. Newsletter I. Harvard Project Physics, Cambridge, Massachusetts, 1964.
31. Holton, G. Ref. 28, pág. 207.
32. Holton, G. Ref. 28, pág. 209.
33. Ahlgren, Andrew e Walberg, Herbert J. Changing attitudes towards science among adolescents. *Nature*, vol. 245, September/1973, págs. 188/189.
34. Durante a realização desse simpósio foram levantadas muitas críticas sobre a situação do ensino médio de física, particularmente sobre a falta de textos adequados para a realidade nacional. Muitas críticas também recaíram sobre uma certa tendência de tradução de projetos de ensino estrangeiros em voga nessa época. Por exemplo, além do PSSC já traduzido desde 1962, estava também sendo traduzido o projeto Harvard. Da aprovação e recomendação de se trabalhar na constituição de projetos nacionais, o que de certa forma ocorreu com projetos de diferentes grupos: PEF, FAI e PBEF, além de preparação de textos de autores isolados, como os de Beatriz Alvarenga.
35. Saad, Fuad D. Análise do projeto FAI - Uma proposta de um curso de Física Auto-Instrutivo para o 2o grau. Dissertação de mestrado, FEUSP e IFUSP, 1977.
36. Caniato, Rodolpho. Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Física. Tese de doutoramento, FFCL de Rio Claro, 1973.
37. Pacca, Jesuina L. A. Análise de desempenho de alunos frente a objetivos do Projeto de Ensino de Física. Dissertação de Mestrado, FEUSP/IFUSP, 1976.
38. Este mesmo fenômeno de decadência dos livros didáticos é encontrado em outras disciplinas, como a química, a geografia, a história e a língua portuguesa. É claro que há exceções, porém, os livros atuais não melhoraram os antigos pois estes

"... em vez de serem atualizados, melhorados e complementados por outros materiais de apoio, foram totalmente abolidos das escolas, sendo seu espaço substituído pelos livros didáticos, via de regra de má qualidade e coloridos, que hoje recebem as críticas de quase todos os cientistas especializados no assunto(...)."

Freitag, Bárbara et alli. Ref. 22, pág. 131.

Numa análise sobre o ensino de química no segundo grau, Mansur Lutfi também tece críticas aos livros didáticos atuais. Para ele a influência dos cursinhos se faz sentir no conteúdo e na forma de tais livros. Diz ele:

"Por sua própria origem, esses livros didáticos têm o caráter de resumo de matéria, de revisão do que deveria ter sido visto, pois se destinavam ao público dos cursinhos. (...)

O livro didático de química tem caráter hegemônico no quadro do ensino brasileiro. Mesmo que, em função do preço, não seja adotado pelo professor, será ele quem indicará a seqüência de conteúdo, a técnica de aula e os objetivos do componente curricular.(...)

... resumo de informações e ênfase em exercícios de fixação, pouco conceito e muito cálculo, como o da Editora Ática que diz para o volume I, que tem 178 exemplos, 100 exercícios resolvidos, 1666 exercícios propostos. E nenhuma experiência!"

Lutfi, Mansur. Produção social e apropriação privada do conhecimento químico. Tese de doutoramento, Faculdade de Educação da UNICAMP, 1989, págs. 43 e 44.

Além da física escolar, portanto, existe também a química escolar.  
39. Freitag, Bárbara et alli, Ref. 22, pág. 22.

À guisa de conclusão

É comum finalizar um trabalho como este ensaiando algumas observações conclusivas. Creio que ao longo dos diversos capítulos pôde-se extrair elementos que já desempenham essa finalidade. Um pequeno artigo, que escrevi há pouco mais de um ano, ilustra uma preocupação prática e uma sugestão pedagógica que transparecem também - assim espero - da leitura deste trabalho. Reproduzo a seguir este artigo:

*"A maçã, Newton, a física e o 2º grau.*

*"Era uma vez um jovem físico inglês que, numa bela tarde de domingo, estava descansando deitado sob uma macieira, batendo um descontraído papo com um colega da Universidade de Cambridge. Seria um dia como outro qualquer, perdido na voragem dos tempos, caso um pequeno e trivial acidente não tivesse ocorrido. Uma bela e brilhante maçã vermelha, talvez tentando atingir seu lugar natural, como diria um filósofo aristotélico de então que estivesse assistindo à cena, desprende-se da árvore e chocou-se com a cabeça do jovem físico. Isaac Newton, este era seu nome, comentou: "Da mesma forma como esta maçã é atraída pela Terra para seu centro, o é a Lua em seu movimento ao redor do nosso planeta".*

*Desta forma, para espanto e desespero do pobre observador aristotélico, nascia a teoria da gravitação universal, que daria honra e glória para seu proponente. E resgataria para a história os nomes de muitos pensadores que, desde a época dos antigos gregos, acreditando no movimento da Terra, lançaram as idéias que culminariam com a grande síntese realizada por Newton. Seu livro Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, publicado em Londres em 1687, é o registro de tal síntese. Um século e meio após o heliocentrismo de Copérnico, meio século após o eppur si muove de Galileu condenado pela Inquisição, surgiu uma obra que iria influenciar e determinar os caminhos da física nos dois séculos seguintes."*

*Caso um professor de física do 2º grau iniciasse suas aulas de mecânica contando uma fábula como esta a seus alunos, estaria reforçando a lenda da*

*maçã de Newton de duvidosa veracidade histórica. Ao mesmo tempo, ele poderia estar despertando em seus alunos uma curiosidade com relação ao surgimento das idéias e conceitos da física totalmente ausente das salas de aula. Portanto, o saldo seria extremamente positivo. O contexto cultural em que a física foi construída daria um embasamento mais rico para a compreensão da teoria, dos embates entre idéias oponentes, da construção social do conhecimento e da razão de ser de inúmeras aplicações da teoria ao longo da história. Juntamente com a utilização da matemática na solução de problemas e da realização de experimentos simples, isto forneceria um quadro mais completo da física enquanto uma ciência ainda em desenvolvimento. Infelizmente tal procedimento raramente ocorre, devido a inúmeros fatores dos quais comentarei brevemente alguns. Em primeiro lugar, há a ausência de disciplinas que abordem a história da física nos cursos de licenciatura que formam os professores do 2º grau. Em segundo lugar, os livros didáticos de física de maior sucesso no nosso mercado editorial são extremamente deficientes quanto à preocupação de situar a física num contexto cultural mais rico e dinâmico. Em geral, a apresentação da física nesses textos fica restrita a resumos "teóricos", que enfatizam a memorização de fórmulas e definições para a solução de exercícios e problemas, ocupando com isso o maior espaço desses livros. Em terceiro lugar, muito próximo e ligado ao anterior, está o espectro do vestibular, interferindo decisivamente no conteúdo dos programas das escolas. Isto é trágico se atentarmos para o fato de que a grande maioria dos alunos do 2º grau não irá freqüentar um curso superior, e um número menor ainda terá a Física como disciplina básica. A maçã de Newton tem tudo a ver com a tentativa de acabar com o pecado original da má colocação da física no contexto educacional. E da afirmação da física como cultura. (1)*

Em função do que foi exposto neste trabalho, fica evidente que muito tem que ser feito para reverter a atual situação do ensino de física em nossas escolas. E esse que fazer inclui o que foi preconizado como objetivo básico do ensino de física (ou de qualquer outra das disciplinas, científicas ou não, que compõem o currículo escolar): a transformação da física num elemento cultural vivo, inquieto e inquietante que, se necessita da técnica experimental e matemática

para sua construção e difusão, trabalha também com o imaginário. Aqui, ciência e arte se aproximam. As fronteiras entre as "duas culturas", humanista e científica, tornam-se menos nítidas. Neste ponto complementa-se e rompe-se com o senso comum. Daqui pode-se tirar inferências que sugerem transformações na prática pedagógica, no conteúdo dos livros didáticos e na formação do professor. As licenciaturas terão que ser alvo de reestruturações que levem em consideração as mais recentes pesquisas em ensino de física que apontam em direção diferente, às vezes contrária, à atualmente dominante nas escolas.

As licenciaturas em física, ao lado das disciplinas formadoras específicas nos vários ramos da física, têm que se preocupar com a formação cultural em física do futuro professor. E isso inclui a abordagem da história da física (internalista e externalista), da discussão em torno das metodologias que passam pela análise filosófica/epistemológica e da possibilidade de oferecer a física como cultura. A não existência de docentes universitários especializados nessas tarefas não pode ser usada como desculpa para justificar a ausência destas abordagens na licenciatura. Se um debate sobre a formação do professor apontar para sugestões como as expostas neste trabalho, deve-se pensar em medidas capazes de propiciar seu encaminhamento a contento, e isto passa pela formação e treinamento de docentes universitários nessa direção.(2)

As pesquisas em ensino de física não podem ficar apenas nas prateleiras das bibliotecas ou servindo de temas de mestrado e doutorado. É preciso que atinjam a formação dos professores e, através destes, as salas de aula do primeiro e do segundo graus. Um exemplo: recente documento da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP) da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, incorporou, pelo menos a nível de embasamento teórico, algumas dessas pesquisas em seu mais recente "guia curricular" para o ensino de física do 2º grau. Naquilo que diz mais de perto a este trabalho menciono a seguinte passagem elaborada pela equipe da CENP:

*"Apresentar para os alunos apenas as teorias aceitas, hoje, pelos cientistas, desvinculados de seu processo de elaboração, é apresentar a ciência de uma*

*forma acabada, como verdade absoluta, e à margem dos conflitos e contradições próprios das sociedades humanas. Com essa visão de ciência é passada, também, uma visão de mundo fechada, imutável e portanto inquestionável. Por isso, ao ensino de física no 2º grau cabe não só dar condições aos alunos de um melhor entendimento dos fenômenos da natureza, a partir das teorias científicas, de interação com os produtos da tecnologia, através do entendimento das teorias embutidas nos mesmos, mas também introduzir o aluno na compreensão do processo de elaboração dessa ciência. A visão de como a ciência se desenvolve é de fundamental importância como parte integrante do conhecimento a ser trabalhado com o aluno e no desenvolvimento de sua criticidade.*<sup>(3)</sup>

Embora o encaminhamento da proposta curricular, constituído pelos "Aspectos fundamentais do conteúdo de física no 2º grau"<sup>(4)</sup> para os tópicos de mecânica, termodinâmica, eletricidade e ótica, ainda estejam marcados pela forma tradicional de proceder, nota-se um grande esforço de mudar e de orientar os professores no sentido de incorporar ao ensino de física os aspectos históricos e filosóficos, a ligação com o cotidiano e o abandono da ênfase na solução de exercícios típicos que infestam os chamados livros didáticos mais consumidos no mercado editorial brasileiro.

As duas experiências de abordagem de tópicos de história e de filosofia da ciência que constam dos dois apêndices deste trabalho, que são, respectivamente, as disciplinas de "Instrumentação para o ensino da física" e "Evolução dos conceitos da física", do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, servem de exemplo de aplicação de algumas das idéias defendidas ao longo dos vários capítulos que compõem este trabalho. A primeira, lidando com a formação de professores de física do segundo grau, ofereceu a oportunidade de ensaiar um tratamento para o tema "física também é cultura" dirigida para aquele nível do ensino. A segunda, embora voltada principalmente aos bacharéis (em maior número que os licenciandos nos últimos anos no Instituto), permitiu também levar essa mensagem num contexto de formação básica do futuro pesquisador ou

professor universitário. A "física como cultura" não é prerrogativa apenas dos que se dedicam ao segundo grau, como deve ter ficado transparente neste trabalho.

Pretendo ter contribuído com este trabalho no debate sobre o ensino de física, na sua transformação em benefício da apropriação desta área do conhecimento como algo impregnado de "condição humana".

Algumas sugestões de continuidade deste trabalho:

Para que essa mensagem atinja, por exemplo, os alunos do segundo grau, muito ainda tem que ser feito no campo especificamente acadêmico e educacional. É necessário preparar, juntamente com os professores, textos, materiais diversos (vídeos, painéis, etc.), cursos especiais, tradução de mais clássicos da física, entre outros. Ao mesmo tempo a pesquisa em ensino de física, dirigida a essa problemática, tem que prosseguir e ser aprofundada. É com essa intenção que, para dar continuidade a este tipo de estudo e com a finalidade de implementar várias das idéias contidas neste trabalho, podem ser sugeridos temas de pesquisa:

1. Estudo detalhado do Projeto Harvard e sua aplicação nos Estados Unidos e em outras partes do mundo. Apesar desse projeto ter nascido exatamente à época em que trabalhos como os de Kuhn estavam sendo difundidos e discutidos, ele não sofreu de toda a influência que se faria mais presente cerca de uma década após seu surgimento. Acredito que um estudo detalhado do Projeto Harvard, sua aplicação e avaliação de seus resultados, trará informações úteis para a preparação de textos e outros materiais pedagógicos, além de sua importância como pesquisa em ensino de física.

2. Em função dos pressupostos filosóficos apresentados no capítulo 3 deste trabalho, realizar um estudo crítico de textos didáticos de física (mecânica, por exemplo) de nível superior e de 2º grau, visando identificar o procedimento metodológico explícito ou implícito nesses livros e caminhando para uma proposta alternativa que contemple sugestões constantes deste trabalho e desse estudo. Uma interação com a disciplina "filosofia", de volta às salas de aula, será bastante salutar no 2º grau.

3. Partindo da análise histórica desenvolvida no capítulo 4 deste trabalho, realizar um estudo crítico de textos didáticos de física do 2º grau visando a delimitação do conteúdo básico de física que permita a inserção de tópicos de história da física, buscando implementar conclusões deste trabalho e desse estudo crítico. O primeiro conteúdo a ser abordado será o nascimento da mecânica. A literatura especializada já apresenta um bom número de exemplos de aplicação da história da física, permitindo a realização de um estudo mais rico do que à época de criação do Projeto Harvard. Um detalhamento desta proposta encontra-se no apêndice 3.

4. Estudo da relação entre o ensino de física e a literatura geral que utiliza a física como um dos seus ingredientes intelectuais. Pela características deste estudo, seu caráter marcadamente interdisciplinar, sua execução deverá contar com a colaboração de profissionais da área de línguas e literatura. Por exemplo, como aprofundar, de forma a ser utilizável na formação do professor e nas salas de aula do 2º grau, um estudo da Física presente em Dostoyevsky, como sugerido no trabalho de Boris Kusnetsov?

5. Estudo, em colaboração com outros colegas do Instituto de Física, da evolução de determinados conceitos básicos de física, partindo de pressupostos contidos no presente trabalho, com o objetivo de reformular o ensino desses conceitos no nível superior e no 2º grau. Ênfase particular na utilização dos clássicos da física.

#### Notas e Referências:

1. Zanetic, João, A maçã, Newton, a física e o 2º grau. Leia ano X, nº 119, setembro/1988, pág. 41.
2. Estou propondo, portanto, um reforço cultural (no sentido exposto ao longo deste trabalho) das atuais licenciaturas, o que vai contra as tendências burocráticas que emanam do MEC. A luta contra as "licenciaturas curtas", que fez suspender a

resolução 30, de 1974, do Conselho Federal de Educação, ainda se faz necessária. Por mais incrível que possa parecer, uma portaria recente do MEC (nº 399, de 28/6/1989) que dispõe sobre o "registro de professores e especialistas em educação decorrentes de cursos ou licenciaturas e outras habilitações", ainda "... sacramenta algumas práticas consideradas pelas associações docentes e científicas como distorções, entre as quais a que novamente reafirma a possibilidade de formação de professores em cursos de licenciatura curta.(...) Não seria excessivo afirmar que o MEC se adianta aos resultados da LDB e das reivindicações dos educadores, descaracterizando os campos do conhecimento e nivelando por baixo a qualificação do pessoal docente, abrindo caminho para um nivelamento também por baixo, dos salários e para um ensino pautado em generalidades e, portanto, menos exigente quanto às condições gerais para sua realização."

Iokoi, Zilda M.G.; Pontuschka, Nídia N.; Ciampi, Helenice e Campos, Cláudia. O MEC e o descalabro educacional brasileiro. Folha de São Paulo, 24/10/1989, pág. A-3.

3. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP). Proposta curricular para o ensino de física - 2º grau. Secretaria de Estado da Educação, São Paulo, 1986, pág. 13. (versão preliminar).
4. CENP. Ref. 40, págs. 25/46.

## APÊNDICE 1

### Instrumentação para o ensino de física

#### Primeiro semestre de 1975

A partir do primeiro semestre de 1975 foi iniciada uma experiência educacional na formação de professores de física do segundo grau. Isso se deu através da disciplina "Instrumentação para o ensino de física", obrigatória para os alunos de licenciatura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

O primeiro número do "Jornal do 363", um dos instrumentos experimentais dessa disciplina, assim descrevia a "organização geral da disciplina de Instrumentação em 1975":

"A disciplina de Instrumentação envolve os alunos de cada grupo (dois no noturno e um no diurno) em dois períodos de três horas de trabalho em classe. Um deles é de conferências e discussão, comum aos grupos do período (noturno e diurno) e o outro de trabalho em grupos isolados (prática). Na primeira semana de aulas os alunos deverão se organizar em turmas de cinco, já que quase todas as atividades da disciplina envolverão trabalhos em pequenas turmas.

As atividades da disciplina compreenderão:

1. Conferências sobre temas apresentados na programação da disciplina, seguidas de discussão. A discussão será primeiro dentro de cada turma e a seguir haverá uma discussão geral em que se procurará obter conclusões. Em cada conferência uma das turmas fará um resumo para publicação neste jornal.
2. Atividades de laboratório. Estas atividades estarão relacionadas com as conferências. As turmas deverão apresentar um "comentário crítico" sobre o que realizaram no laboratório.

3. Seminários. Estes serão realizados a partir da 5ª semana de aula, pelos alunos. Os temas e os alunos serão decididos com três semanas de antecedência a fim de permitir o preparo adequado.

4. Projetos. Durante as três primeiras semanas da disciplina, nas aulas práticas, serão discutidos temas de projetos para as diversas turmas. Cada turma deverá se definir quanto ao projeto que fará até o final da terceira semana de aulas. Esses projetos poderão ser, por exemplo, o preparo de um texto para uso na escola secundária, preparação de uma experiência de física, comparação de textos, etc. Os projetos deverão ser concluídos até meados do mês de junho. Eventualmente o mesmo projeto poderá ser continuado no segundo semestre como trabalho que contará também para Instrumentação 2; isto dependerá da decisão conjunta dos quatro professores da disciplina. Cada turma deverá estar preparada para dar um seminário aos demais estudantes durante a realização do projeto. Resumos dos projetos também deverão ser publicados neste jornal.

5. Discussão de "problemas-galho". Serão discutidos determinados problemas que normalmente apresentam dificuldades para professores e alunos.

Avaliação da disciplina: a avaliação constará de:

1. Avaliação dos trabalhos em turmas relacionados com as discussões, resumos para o jornal e seminários.
2. Avaliação dos projetos realizados em turma.
3. Avaliação das duas provas do semestre.

Provas: haverá duas provas no semestre, que versarão sobre a matéria tratada nas conferências e discussões. Essas provas serão realizadas em:

Diurno: 09/05 e 20/06.

Noturno: 07/05 e 18/06.

Professores: Amélia Império Hambußger, Hideya Nakano, João Zanetic e Suzana Rabinovich."(1)

Por outro lado, o próprio jornal do 363 (e sua função em "Instrumentação") era assim descrito:

"Pretendemos que este jornal desempenhe um papel centralizador da disciplina de Instrumentação, apresentando a programação, objetivos, resumos de conferências e seminários, relatos sobre os projetos das diferentes turmas de alunos. Também deverá apresentar comentários técnicos diversos, comentários sobre os "projetos de ensino", tais como PEF, FAI, PBEF, entre os nacionais, e PSSC, Nuffield, entre os estrangeiros, Física e a sociedade, o ensino da física (por exemplo, no 2o grau, a lei 5692, o ensino profissionalizante).

A idéia que temos é que o jornal seja mensal, saindo na primeira semana; ao todo deverão sair oito números, quatro no primeiro semestre e quatro no segundo. O jornal a partir do seu segundo número (abril/75) deverá conter principalmente as publicações de trabalhos dos alunos da disciplina."(2)

### 1. As conferências

No 1º semestre de 75 as conferências, apresentadas nas "aulas teóricas", cobriram os temas indicados a seguir juntamente com o nome do conferencista e algumas linhas explicativas:

#### 1. Inovações no ensino de física - João Zanetic

Esta palestra abordou o desenvolvimento de inovações no ensino de física, partindo das críticas levantadas na década de 50. Foi abordado também o surgimento dos primeiros projetos de ensino, em particular o PSSC e a sua motivação e difusão entre nós, destacando os prós e contras dessa iniciativa. A discussão com a classe serviu para aprofundar a temática apresentada. Num dos resumos elaborados pelos alunos, lê-se a seguinte conclusão:

"Como conclusão geral nota-se que falta ensino de base. Sente-se a necessidade de habituar a criança, desde pequena, a relacionar as coisas, manter sua curiosidade natural despertando-lhe o espírito de observação. Deve-se ensinar a

física às pessoas não como uma matéria necessária somente para passar no vestibular, mas como parte de uma cultura a ser possuída por qualquer pessoa."(3)

#### 2. Gráficos em física e fora dela - Suzana Rabinovich

Foram apresentados métodos de construção e análise de gráficos, fundamentais para o estudo da física e podendo também ser transferidos para aplicações fora da física. Discutiram-se alguns problemas práticos com a utilização de discussão gráfica: segmentos de subida de um monomotor, aspectos epidemiológicos da meningite em São Paulo, extrapolação de uma curva, etc.

#### 3. Projeto de Ensino de Física (PEF) - Hideya Nakano

Apresentou-se a origem desse projeto de ensino, a constituição da equipe de produção do material composta de professores do IFUSP e da rede pública de segundo grau. Detalhou-se a "Mecânica" do PEF, tanto no que diz respeito aos doze fascículos de teoria e exercícios quanto ao equipamento experimental que acompanha esse material em forma de um kit. Um breve comentário de um dos resumos:

"O objetivo do projeto é dar aos alunos os conceitos básicos de física, o que é realmente importante. É claro que o aluno não estará satisfatoriamente preparado para os vestibulares, como são realizados hoje, mas surge o seguinte problema: o projeto deve adaptar-se ao vestibular ou o vestibular deveria ser modificado?"(4)

#### 4. Física Auto-Instrutivo (FAI) - Fuad Daher Saad

Foram descritos os cinco volumes que constituem este projeto de ensino. Foi destacada a metodologia adotada, baseada nos princípios da instrução programada. Sua aplicação nas escolas de segundo grau foi enfatizada.

"Podemos dizer que o FAI se adapta muito bem ao sistema brasileiro. A educação no Brasil é bastante precária, haja vista que nem existe um sistema educacional; numa mesma escola podemos encontrar diferentes professores dando diferentes cursos. Dessa forma, o FAI é um projeto que pretende, através da instrução programada, suprir muitas falhas do ensino de 2o grau."(5)

#### 5. O ensino profissionalizante no Brasil - Antonio de Souza Teixeira Junior

O conferencista afirmou que no Brasil havia três tipos de escolas: para pobres (ensino profissional), para noivas (escola normal para formação de professoras primárias) e para ricos (escola preparatória à Universidade). Ele defendeu a implantação da escola profissionalizante como preconizada pela lei 5692 e coerente com o proposto na resolução 30 do Conselho Federal de Educação. Do resumo dos alunos:

"Em síntese, o ensino pode ser utilitário, mas também não pode deixar de desenvolver a personalidade dos educandos de hoje, que serão os homens e os trabalhadores de amanhã. A sua finalidade não pode resumir-se, portanto, como muitos o desejam, simplesmente na preparação para o trabalho. Pode mesmo afirmar-se que é a formação geral que proporcionará ao educando uma capacidade maior de ajustar-se ao futuro ambiente de trabalho, de aprender melhor os problemas, de desenvolver-se pela auto-educação..." (6)

#### 6. Poluição - Celso Maria de Queiroz Orsini

Foi abordada a poluição atmosférica e os problemas físicos a ela associados. Apresentou as dificuldades de monitoração do ar atmosférico. Destacou-se alguns processos físicos utilizados na análise do material coletado: gravimetria, cromatografia, espectroscopia de infravermelho e a espectrografia de absorção atômica. Falou também da análise de aerossóis realizada

"... por um aparelho denominado "Impacto em Cascata", que retém as partículas do ar. Estas partículas são bombardeadas por prótons, o que causa emissão de raios-x por intermédio das partículas bombardeadas, e essas emissões dão um espectro do ar, com porcentagens relativas..."(7)

#### 7. Projeto Brasileiro para o Ensino de Física (PBEF) - Rodolpho Caniato

Ao invés de traduzir o projeto Harvard o autor partiu para a construção de um projeto "... mais eficaz dentro das condições brasileiras". Discutiu-se os dois volumes de autoria do conferencista: "O céu", que é centrado na abordagem da astronomia e "Mecânica", mais próximo de uma abordagem tradicional do ensino de física.(8)

#### 8. O espírito e a matéria no curso de licenciatura - Oswaldo Frota Pessoa

O conferencista defendeu a utilização do método de projetos no ensino de ciências e alterações correspondentes no currículo das licenciaturas. A fundamentação estava acoplada à resolução 30 do Conselho Federal de Educação que propunha a licenciatura curta para a formação de professor polivalente de ciências (física + química + biologia + matemática). Passagem do resumo feito por uma turma de alunos:

"Outra afirmação do Prof. Frota Pessoa, de que "por meio de projetos transdisciplinares o curso dos licenciados seria mais integrado e ligado à vida" é por nós refutada pois no nosso entender tornar o licenciado mais integrado e mais ligado à vida não significa apenas, como concluímos da palestra do referido professor, fazer com que o aluno lide com coisas práticas tais como montar campanhas e construir rádios. No nosso entender integrar o licenciando e fazê-lo mais ligado à vida significa dar a ele consciência da sua responsabilidade como educador de indivíduos num aspecto global e não apenas formar tecnocratas. Todo

aluno terá no futuro um papel dentro da sociedade, e deverá portanto estar bem cômico das implicações do uso que é feito de seu conhecimento. Deve o licenciado (também o bacharel) ter claro que a ciência deve visar um mundo melhor e que ele como cientista ou técnico desta ciência deve analisar muito bem e criticamente o uso que faz deste seu conhecimento e a serviço de quem ou de que ele o coloca."(9)

#### 10. PBEF Eletricidade e Eletromagnetismo - Nery Jesuíba Leite e Sílvia Pompéia

A idéia central deste projeto é a tentativa de "desmistificar" a eletricidade e de apresentar um "modelo teórico que tente explicar a corrente elétrica". O projeto é constituído de um livro e de um kit com material bem simples.

"O livro é bem diferente dos livros tradicionais que começam com cargas elétricas e vão desenvolvendo, ao passo que este começa com coisas concretas, coisas que o aluno toma contato diariamente, e no fim ele cobre o mesmo programa."(10)

Essas foram as conferências que constaram da programação do primeiro semestre de 1975. Além delas, as aulas teóricas foram preenchidas com "simpósios dos projetos", isto é, apresentação do andamento e final dos diversos projetos desenvolvidos pelas diferentes turmas de alunos.

#### 2. As aulas práticas

Ao longo de todo o semestre os alunos, divididos em turmas que contavam entre dois e cinco participantes, dedicaram-se na definição, planejamento e elaboração de projetos. De uma maneira geral tais projetos nasceram de interesses demonstrados pelos próprios alunos. Assim, foram desenvolvidos alguns projetos voltados diretamente para o ensino do segundo grau, já que muitos dos alunos de "Instrumentação" eram professores de física; foram desenvolvidos também projetos relacionados com diferentes aspectos da física que contemplavam uma problemática mais próxima do bacharel em física, estando assim relacionados com interesses dos alunos que pretendiam prosseguir seus estudos na pós-graduação.

No início dos trabalhos, quando se procurava definir o tema e a organização do desenvolvimento dos projetos, os alunos se sentiam um pouco "perdidos", sem saber direito como começar. A participação dos professores de "Instrumentação", bem como a discussão com o conjunto da classe acabava levando a bom termo a execução do projeto de cada turma. Essa maneira de iniciar este trabalho tinha por finalidade exercitar os alunos no planejamento de uma "pesquisa" e no trabalho em grupo, raros tanto a nível do curso secundário que eles haviam freqüentado como do curso universitário que estavam fazendo. Após as três primeiras semanas quase todas as turmas já tinham superado essa fase mais tensa e passado para uma fase mais produtiva. O simpósio dos projetos, isto é, a apresentação de cada um dos projetos para o conjunto da classe em forma de seminário, quando os trabalhos estavam ainda em andamento, foi uma atividade muito importante, não apenas como afirmação de cada turma, como também como integração de cada trabalho no total das atividades da classe.

Eis uma lista parcial dos projetos desenvolvidos no primeiro semestre de 1975:

Diurno (orientados por Amélia Império Hamburger):

1. Programação de um currículo de história da ciência para o colegial.
2. Estudo comparativo da "introdução da mecânica" em textos antigos e novos no Brasil.
3. Organização da biblioteca da disciplina de "Instrumentação".
4. Levantamento de dados sobre a física no colegial profissionalizante.
5. Texto de física moderna para o 2o grau.
6. Experiência de queda dos corpos de Galileu para estudo das idéias intuitivas e passagem para conceitos científicos.
7. Avaliação do ensino de física no colegial.

Noturno (orientados por João Zanetic):

1. Uma caixa de experiência em termodinâmica (geladeira).
2. Um experiência sobre queda livre e projétil.
3. Considerações sobre a experiência educacional dos ginásios vocacionais.
4. Introduzindo o osciloscópio.
5. Vetores: comparação de textos.
6. Ensino profissionalizante para mão de obra em construção civil.

Todas as turmas, além de uma apresentação final em forma de seminário, entregaram relatórios escritos dos projetos.

"Instrumentação" em 1976

Com base na experiência desenvolvida em 1975, a disciplina de "Instrumentação para o ensino da física" ganhou no ano de 1976 uma estrutura melhor definida. Os professores desse ano: Amélia Império Hamburger, Diomar da Rocha Santos Bittencourt e João Zanetic. Da mesma forma que no ano anterior, as atividades estavam divididas em dois períodos de três aulas cada, um dedicado para a conferência seguida de discussão e outro para as atividades práticas. A seguir está listada a programação geral desse ano:

1o semestre

semana conferência + discussão

prática

1a	Apresentação + questionários	Projetos de 75
2a	Inovações no ensino de física	Prática com PEF
3a	O Projeto de Ensino de Física (PEF)	Início dos projetos
4a	Formação de conceitos de Física 1 (Piaget)	Prática com FAI
5a	O proj. "Física Auto-Instrutivo" (FAI)	Definição dos projetos
6a	Formação de conceitos de física 2 (Fleshner)	Projetos
7a	1a prova	Projetos
8a	"Proj. Brasil. de Ens. de Física" (PBEF) (Eletricidade)	Projetos
9a	1o simpósio de projetos	Projetos
10a	Ensino de ciências e a pedagogia abrangente	Projetos
11a	Lei 5692 e resolução 30	Projetos
12a	Ciência integrada?	Projetos
13a	Projetos	Projetos

14a	Simpósio final dos projetos	Projetos: escrita
15a	2a prova	Entrega dos projetos
16a	Discussão final sobre o primeiro semestre de aulas	
<u>2o semestre</u>		
1a	Apresentação inicial	Discussão
2a	Gravitação e o princípio de equivalência	Projetos
3a	A filosofia de Karl Popper	Projetos
4a	A filosofia de Thomas Kuhm	Projetos
5a	Filosofia da ciência:debate	Projetos
6a	História da ciência	Projetos
7a	1a prova	Projetos
8a	Simpósio de projetos	Projetos
9a	O "Proj. Brasil. de Ens. de Física" (PBEF) (Eletricidade)	Projetos
10a	A educação segundo Paulo Freire	Projetos
11a	Os ginásios vocacionais	Projetos
12a	A escola Barbiana	Projetos

13a	Simpósio dos Projetos	Projetos
14a	2a prova	Projeto/ final
15a	Discussão e avaliação de Instrumentação	

Podem ser notados, a partir dessa programação, vários temas que abordavam uma problemática que procurava, de um lado, apresentar a física num contexto mais amplo que aquele tradicional de mera preparação para os vestibulares e, do outro, situar o ensino de física dentro de um cenário educacional que empurrava a formação dos professores para o engodo da curta licenciatura, de uma estranha "ciência integrada" e de um ensino profissionalizante a serviço da classe dominante. Em função do que foi apresentado no corpo desta tese não é necessário detalhar cada uma das conferências que comparecem nessa programação. Mas, quero destacar que os temas "Ensino de ciências e a pedagogia abrangente" (palestra proferida por Maria Nilde Mascellani), "Lei 5692 e resolução 30", "Ciência integrada?", "Os ginásios vocacionais" e "A educação segundo Paulo Freire", estavam inseridos na intenção de conscientizar, informar e debater com os futuros professores temas tão atuais como esses. Afinal, a lei 5692 era de 1971 e a resolução 30 era de 1974 e nós estávamos em 1976. Poucos anos antes Maria Nilde fora presa e seus "ginásios vocacionais" fechados pela ditadura, e Paulo Freire estava proibido de retornar ao nosso país. Assim, ao mesmo tempo que educávamos, denunciávamos os ataques à educação e aos educadores. Já os temas que abordavam a filosofia e a história da ciência, compareciam pois nós (os professores de "Instrumentação") entendíamos que eram instrumentos úteis para uma renovação no ensino de física. Por fim, a discussão sobre formação de conceitos, envolvendo as idéias de Piaget, Vigotsky, Feshner e, também, de trabalho desenvolvido por alunos de "Instrumentação" do ano anterior, estava presente com a intenção de alertar os futuros professores sobre a interação entre a conceitualização científica que estava sendo processada na escola e a conceitualização já

existente na mente dos seus alunos. Era a idéia da contraposição entre conceitos, da não ignorância dos estágios de desenvolvimento intelectual de seus alunos ou futuros alunos.

Essa preocupação com a problemática do ensino de física se reflete também nos projetos desenvolvidos pelos alunos nesse ano:

Diurno (orientados por Amélia Império Hamburger):

1. Elaboração de um programa de física para cursos técnicos
2. Divulgação científica
3. Análise de textos de introdução científica
4. Ótica da visão

Noturno 1 (orientados por Diomar R.S. Bittencourt):

1. Quais as aberturas para os físicos na sociedade brasileira?
2. Finalidade de um texto de estrutura da matéria no ciclo colegial.
3. Conceitos de física em crianças de 5a série do 1o grau.
4. O ensino de física em uma pequena cidade brasileira.
5. Noções de telefonia.
6. Diretrizes para um currículo de física.

Noturno 2 (orientados por João Zanetic):

1. Quais os meios que os alunos do 2o grau nos dariam para uma reformulação do ensino?
2. Ciência integrada.
3. A licenciatura.
4. O que é a física?(11)

A avaliação dos alunos, como já esclareci no início constava de notas nos projetos, apresentações dos mesmos nos simpósios internos, atividades práticas

(por exemplo, prática com os projetos de ensino: PSSC, PEF, FAI, etc.) e provas. Para da um exemplo de uma dessas provas, reproduzo a prova do noturno de 04/05/1976:

"Esta avaliação consta de seis questões das quais você deve responder a 1ª e mais três da sua escolha. Procure ser explícito nas afirmações, você tanto pode responder essas questões em 5 linhas como em 50 linhas. Isso depende de você.

O tempo de duração da prova é de 2 horas.

1. Apresente um breve resumo do projeto que você e sua turma estão desenvolvendo. Qual a sua contribuição ao projeto?
2. Do final da década de 50 em diante surgiram inovações no ensino de física em muitos países. Aponte as principais causas, idéias ou tendências que deram origem a tais inovações. O que você tem a dizer sobre a aplicação de projetos estrangeiros de ensino no Brasil?
3. A você é dada a tarefa de preparar um esboço de programa de ensino de física para o 1o grau (5a a 8a séries) e 2o grau de nossas escolas, que tome por referencial a teoria de Piaget. Dê dois exemplos de temas que você escolheria para os dois graus, indicando para cada tema o conteúdo e a atividade envolvida. Utilize-se das idéias sobre formação de conceito de Piaget para justificar seu procedimento.
4. Apresente as principais idéias que Feshner expôs em seu artigo "O domínio de alguns conceitos em física pelas crianças", enfatizando as principais diferenças notadas nos 4 grupos por ele identificados, bem como o método de contraposição proposto. Discuta a praticabilidade ou não de utilização desse método.
5. "Uma preocupação quase constante (...) nos grupos de discussão foi o vestibular, isto é, os alunos questionaram se o PEF atende às exigências do exame de seleção às universidades. O conferencista colocou então a posição do PEF: o objetivo primordial do PEF é ensinar física, seus conceitos e seu método experimental. Um aluno que tivesse dominado os conceitos básicos, estaria perfeitamente apto a realizar qualquer tipo de prova, mesmo que ele tenha que se adaptar às exigências da mesma, e o faria com maior eficiência uma vez que seus conhecimentos estão melhor fundamentados." (Jornal do 363, no 2, 1976).

Comente e critique as afirmações acima.

6. Suponha que você deva dar aula de física para uma classe do 2o grau com aproximadamente 40 alunos e que o colégio dispõe de uma pequena verba para compra de material. Dos dois projetos com os quais você teve contato até agora neste curso, qual deles você usaria? Por que? Discuta em termos de objetivos, apresentação do material, método de trabalho em classe, critério de avaliação proposto, linguagem e aparato experimental."

"Instrumentação" em 1977 e 1978.

Nos dois anos seguintes, em que a mesma equipe de professores do ano anterior ministrou a disciplina de "instrumentação", praticamente a mesma temática e metodologia foram adotadas. Em 1978, vários dos textos que eram distribuídos em fascículos aos alunos foram reunidos nos "Textos do 363", constituindo três volumes, cada um abrangendo uma das temáticas desenvolvidas em "Instrumentação". O índice desses três volumes é o seguinte:

#### I Inovações no ensino de física

1. Inovações no ensino de física. (12)
2. Projetos de ensino. (13)
3. Projeto de Ensino de Física. (14)
4. Física Auto-Instrutivo. (15)
5. Projeto Brasileiro para o Ensino de Física. (16)

#### II Formação de conceito

1. Formação de conceito(12)
- 2.O domínio de alguns conceitos em física pelas crianças(17)
3. Como saber se seus alunos podem aprender certos conceitos(18)

### III Experiências Educacionais

1. A educação segundo Paulo Freire.(12)
2. Considerações sobre a experiência educacional dos ginásios vocacionais.(19)
3. Carta a uma professora.(20)
4. O Ensino das ciências no grau médio da escola brasileira e suas relações com a pedagogia abrangente.(21)

### Apêndices

1. A questão.(22)
2. A grandeza de Albert Einstein.(23)

### "Instrumentação" de 1985 a 1988

Em 1985 retornei à disciplina de "Instrumentação" juntamente com Antonio Geraldo Violin. Eu era o responsável pelas aulas teóricas, enquanto o Violin ministrava as aulas práticas. No primeiro semestre de 1986 dividi a disciplina com Norberto Cardoso Ferreira. A partir do 2o semestre de 1986 e até o ano de

1988 ministrei "Instrumentação" com Yassuko Hosoume, sempre com a mesma divisão, eu com a parte teórica e a Yassuko com a parte prática.

A primeira observação que faço diz respeito ao número de alunos que freqüentaram "Instrumentação", disciplina obrigatória para os licenciados. Enquanto no período anterior (1975 a 1978) havia uma média de 100 alunos divididos em três grupos (2 no noturno e 1 no diurno), no período seguinte (1985 a 1988), não tínhamos mais que 40 alunos divididos entre diurno e noturno. Este dado reflete claramente o desprestígio e a baixa remuneração que atingiu a profissão de professor de 2o grau.

Na breve descrição dessa nova experiência de ministrar "Instrumentação" vou me ater às aulas teóricas, sob minha responsabilidade.

É claro que a experiência dos anos anteriores foi muito importante para a definição da programação de temas e atividades. Porém, os tempos eram outros e outros eram os alunos e seus interesses. A minha preocupação central agora estava relacionada com a tentativa de pensar e debater com os alunos o lema "física também é cultura". De certa forma, esse foi o eixo da parte teórica de "Instrumentação" desses quatro anos. Para exemplificar o que ocorreu, vou recorrer às minhas anotações sobre o ano letivo de 1988.

### 1o semestre

aula	tema/atividade
1a	Introdução geral.
2a	Reflexões sobre o ensino de física no 2o grau.
3a	A educação segundo Paulo Freire.
4a	Discussão sobre projeto de análise de textos didáticos.

5a	O método científico tradicional.
6a	A proposta de Karl Popper.
7a	A proposta de Thomas S. Kuhn.
8a	A proposta de Paul Feyerabend.
9a	Algumas idéias de Gaston Bachelard.
10a	Prova
11a	Os textos didáticos e a história da ciência.
12a	O nascimento da mecânica: da roda aos céus.
13a	Idem: o sistema de mundo aristotélico-ptolomaico.
14a	Apresentação dos projetos: análise de textos didáticos.

**2o semestre:**

aula	tema/atividade
1a	1a parte: O nascimento da mecânica: a física na idade média. 2a parte: Discussão sobre projeto: "Física também é cultura".
2a	1a parte: O nascimento da mecânica: revolução copernicana. 2a parte: Filme: "De revolutionibus".
3a	1a parte: O nascimento da mecânica: revolução copernicana (final). 2a parte: Conversa sobre o projeto.
4a	1a parte: O nascimento da mecânica: do círculo perfeito à elipse. 2a parte: Conversa sobre o projeto.
5a	Apresentação da 1a parte do projeto.

- 6a O nascimento da mecânica: Galileu, a inércia e a queda dos corpos.
- 7a 1a parte: trabalho com projeto.
- 2a parte: Apresentação dos "Estudos Galileanos" de Koyré.
- 8a Galileu segundo Koyré.
- 9a Descartes segundo Koyré.
- 10a Trabalho com projeto.
- 11a Galileu/Descartes segundo Koyré.
- 12a O nascimento da mecânica: os "Principia" de Newton.
- 13a Apresentação do projeto: "Física também é cultura".
- 14a Discussão final sobre "Instrumentação".

Em todas essas aulas era distribuído um texto para leitura. Assim, além dos "Textos do 363" já descritos anteriormente, foram distribuídos: "O nascimento da mecânica", um resumo sobre o livro "Estudos Galilaicos" de Alexandre Koyré, textos sobre Kuhn, Popper, Feyerabend e G. Bachelard, entre outros.

O projeto do 1o semestre referiu-se à "Análise de livros didáticos de física para o 2o grau". Como orientação para o trabalho dos alunos distribuí o seguinte "roteiro":

"Embora os textos didáticos de Física para o 2o grau não constituam o principal elemento definidor do currículo, eles são certamente um referencial importante para o professor quando da preparação de suas aulas, quando ele recomenda determinado texto como leitura para seus alunos, quando extrai exercícios e problemas como tarefa de classe ou de casa, ou na preparação das avaliações dos alunos. Desta forma justifica-se uma análise dos textos didáticos por esse papel que eles desempenham. Este projeto oferece uma oportunidade de se fazer um estudo comparativo entre diferentes textos que dominam o mercado editorial atualmente, bem como permite que se compare esses textos com textos mais antigos que deixaram de ser utilizados, ou com alguns textos "históricos", isto é, textos que traziam na sua apresentação, conteúdo ou metodologia, alguma concepção digna de ser estudada; nesta última categoria poderíamos incluir os textos do PSSC, PEF, FAI, Harvard, Nuffield, PBEF, entre outros.

O roteiro detalhado que vai descrito abaixo tem o intuito de organizar a análise partindo dos elementos mais gerais e descritivos para aqueles mais específicos e polêmicos.

Para a realização deste projeto constiuir-se-ão grupos de duas pessoas que deverão analisar 2 ou 3 textos didáticos que serão escolhidos segundo os seguintes critérios:

- i. um dos textos deverá ser um texto atualmente utilizado em nossas escolas, preferencialmente aquele que já é do conhecimento do grupo;
- ii. um dos textos deverá ser um texto "antigo" ou "histórico", como definido no primeiro parágrafo;
- iii. um dos textos deverá trazer explicitamente, ou pelo menos de forma indicativa clara, atividades experimentais envolvendo material de laboratório ou de observação de fenômenos relativos à Física.

São os seguintes os pontos mínimos para análise:

i. Descrição geral: descrever cada um dos textos quanto à sua apresentação gráfica, isto é, formato das páginas, figuras e gráficos, separação dos tópicos etc; identificação do(s) autor(es); situar, se for o caso, a série à qual pertence o texto em análise; texto para o professor e guia experimental, se houver; impressão geral do texto.

ii. Linguagem: comentar o texto quanto à adequação da linguagem para alunos do 2o grau; fazer comentários sobre a inteligibilidade do texto e o prazer de leitura.

iii. Matemática: analisar a utilização da matemática ao longo do texto; comentar se é por demais trivial ou completamente inadequada para alunos do 2o grau; discutir seu relacionamento com os conceitos básicos de física abordados.

iv. Pedagogia: analise o tipo de proposta pedagógica que orienta o texto: estudo dirigido, investigação livre, ensino tradicional, instrução programada, aprendizagem por descoberta, etc.

v. Exercícios/problemas: analise o papel dos exercícios e problemas propostos ao longo do texto e ao final dos tópicos. Há questões auxiliares no meio do texto? São utilizadas questões conceituais? Os exercícios se resumem em mera aplicação de fórmulas ou exigem algo mais? Os exemplos resolvidos apresentados pelo texto estão bem colocados?

vi. História da Física: comentar a presença/ausência de tópicos de história da Física no texto analisado. Há alguma preocupação com a apresentação da evolução dos conceitos físicos? Sua opinião sobre este tópico com relação ao texto deve ser aqui aprofundada.

vii. Metodologia científica: o texto deixa transparecer explícita ou implicitamente alguma metodologia científica?

viii. Estrutura teórica: o texto fornece uma idéia completa/estruturada da teoria abordada?

ix. Cotidiano: discuta o relacionamento do ensino de Física com a realidade vivenciada pelos alunos fora da sala de aula. Essa realidade ou cotidiano entra de que forma na apresentação da Física?

x. Laboratório: qual o papel da experimentação no texto analisado? Lúdico, comprovação de leis, ilustração de um conceito, aplicação técnica, mostrar que a Física é uma ciência experimental, ensinar técnicas de medida, etc?

xi. Objetivos: quais são os principais objetivos que orientam o texto, tanto do ponto de vista científico quanto do educacional?

xii. Comparação: com base nos 11 itens de análise acima expostos, estabeleça uma comparação entre os textos analisados apresentando, sempre que possível, uma distinção quanto ao mérito educacional de cada um deles.

xiii. Pergunta final: você utilizaria algum desses textos para auxiliá-lo nas tarefas de professor de Física do 2o grau? Por que? Como utilizaria o texto escolhido?

#### Apresentação final do projeto:

Ao final do semestre, última quinzena de junho, esse trabalho deverá ser apresentado por escrito com todos os detalhes de análise e respectivas conclusões.

Ao longo do semestre faremos algumas discussões sobre o andamento dos trabalhos de análise."

O desenvolvimento desse projeto permitiu cumprir dois objetivos ao mesmo tempo: em primeiro lugar, os alunos tiveram oportunidade de conhecer

criticamente tanto os textos antigos (isto é, adotados nas décadas de 50 e 60) como os projetos de ensino brasileiros e estrangeiros; em segundo lugar, travaram conhecimento com os textos contemporâneos mais utilizados no 2o grau.

O projeto do 2o semestre estava ligado ao tema "Física também é cultura", que permeou parte das discussões dos tópicos de filosofia da ciência e do "nascimento da mecânica", abordados ao longo dos dois semestres. O que foi exposto no capítulo 5 esteve, parcialmente, presente nas discussões havidas em aula como preparação para a realização do projeto. Embora o título/tema fosse bastante abrangente, pretendendo situar a física como um elemento cultural que tem que marcar presença na educação geral, o projeto esteve restrito a apenas uma fração da abrangência da temática, a saber, procurar relacionar algum livro não-didático que, de forma direta ou indireta, estivesse vinculado a algum tema de física, com o ensino de física no 2o grau, de tal modo a ampliar a visão da física junto aos alunos, desse grau de ensino. Como relatou um aluno, no início de seu trabalho, não foi fácil dar partida ao projeto.

"Quando o assunto "Física também é cultura" foi proposto, eu tive uma certa dificuldade de entendê-lo. Talvez por achar que toda disciplina deva ser alvo como um meio para a formação de uma pessoa e, portanto, a formação cultural que esta pessoa deva ter já está subentendida. Hoje eu entendo esta preocupação, porém, de uma maneira mais perceptiva."(24)

Como a dificuldade de situar a elaboração do projeto foi quase geral entre os alunos, resolvi propor um trabalho intermediário que servisse de ponte para a idéia central. Para tanto, escolhi dois capítulos do livro "Os sonâmbulos"(25), de Arthur Koestler, que trata da vida de Kepler, como tema desse trabalho. Apresento a seguir a transcrição do texto que distribuí aos alunos como orientação para esse "exercício":

"Física também é cultura - 1o trabalho.

### Objetivo

Dada a dificuldade que estamos encontrando em definir bem o nosso projeto para este semestre enfocando o tema "Física também é cultura", resolvi apelar para uma seqüência de pequenos trabalhos que talvez nos dêem alguns indicadores e parâmetros que possibilitem uma melhor apreensão do tema e sua aplicação na educação.

### Sobre o texto distribuído

Vocês têm em mãos os capítulos VI e VII da 4a parte do livro "Os sonâmbulos" de Arthur Koestler, já citado nas aulas. É a parte mais longa e importante desse livro onde é abordada a vida e o trabalho de Kepler. Os dois capítulos escolhidos tratam da descoberta de suas leis e de sua compreensão.

### O que fazer?

Esse texto de Koestler é muito rico para ser utilizado em sala de aula, pois ao lado da sensação e "romance da física" presente na sua leitura, está carregado de discussão de alguns conceitos básicos da física que alimentaram o imaginário de físicos desse período, tais como Kepler, Galileu, Descartes, Halley, Hooke, C. Wren, Newton e outros mais. Desta forma, conceitos como inércia, gravidade, força, movimento uniforme, órbita, estão aí presentes. Estão também em discussão uma metodologia e uma metafísica novas, representadas na importância de precisão das medidas, a busca de relações (ou equações), a causalidade física, entre outros.

### Encaminhamento do trabalho

1. Relacionar os conceitos físicos presentes e compará-los com o que se costuma fazer em aulas aqui no IFUSP.

2. Escolha alguns conceitos e exercite uma apresentação para um leigo ou iniciante no estudo da física (por exemplo, um aluno do 2o grau). Utilize para tanto também partes do texto de Koestler. Se possível tente aplicar isso a algum conhecido e depois relate.

3. Explore a fórmula  $R = 1 - e \cdot \cos \theta$  (pág. 228)

4. O "romance" presente no texto é útil no ensino?

5. Seu comentário geral sobre os dois capítulos e a "Física como cultura".

#### Apresentação do trabalho

Este trabalho deverá ser entregue por escrito e apresentado para discussão em aula. Cada um terá um tempo limitado para falar. No noturno isso será no dia 12/09 e no diurno no dia 13/09.

#### Leitura livre

Paralelamente a isso cada um deverá escolher um texto para leitura na forma que havia sugerido nas aulas passadas. Com o trabalho acima, espero que a definição do projeto saia mais facilmente.

#### Sugestão para leitura:

1. Galileu. Duas novas ciências. Ed. Nova Stella, 1985.
2. Galileu. A mensagem das estrelas. Edição do Museu de Astronomia, 1987.
3. B. Brecht. A vida de Galileu. Várias edições.
4. Edgar A. Poe. Eureka. Várias edições.
5. L. Infeld e A. Einstein. A evolução da física. Zahar.
6. A. Koestler. Os sonâmbulos. Ibrasa, 1961.
7. A. Einstein. Como vejo o mundo. Ed. Nova Fronteira, 1981.

8. J. Schwartz e M. McGuinness. Conheça Einstein. Proposta Ed., 1983.

9. G. Gamow. Biografia da física.

10. J. Bernstein. Einstein.

11. J.M. Jauch. São os quantas reais? Ed. Nova Stella, 1986.

12. A. Einstein. Notas autobiográficas. Ed. Nova Fronteira, 1982.

13. E.W. Hamburger. O que é a física? Ed. Brasiliense, 1984.

14. M. Schenberg. Pensando a física. Ed. Brasiliense, 1984.

15. J.D. Bernal. Ciência na história (vol. correspondente à física).

Edições: portuguesa e espanhola.

16. F. Capra. O tao da física. Ed. Cultrix, 1982.

17. F. Engels. A dialética da natureza. Várias edições.

18. E. Segrè. Dos raios x aos quarks. Ed. Univ. Brasília, 1987.

19. B. Russel. ABC da relatividade.

20. L. Landau. O que é a teoria da relatividade? Ed. Mir, 1986.

E muito mais..."

Os alunos entregaram seu trabalho dentro do prazo previsto. As discussões que se seguiram permitiram uma melhor definição do projeto. O tema "A física também é cultura" começou a fazer parte de um pedaço de cada uma de nossas aulas. Ao final, o projeto acabou sendo concretizado. Vários dos livros acima indicados foram lidos pelos alunos. Alguns outros foram incluídos, como o de Stephen Hawking ("Uma breve história do tempo"), que acabou virando best seller no Brasil. O desafio de incorporar essa literatura para-científica no ensino começa a dar certo. Vários alunos também acabaram se entusiasmando com a proposta. Muito ainda deve ser feito para compreender bem o tema proposto.

Pequenos trechos de alguns dos projetos dos alunos fecharão este breve relato da minha experiência em ministrar a disciplina "Instrumentação para o ensino de física".

"Outro aspecto importante para ensinarmos a física sob o ponto de vista que ela também é cultura é a desmistificação dela própria, para que as pessoas entendam que aprender física não é só coisa de louco, para que elas tenham o direito de ver que as teses científicas não são coisas isoladas, que elas possuem um universo próprio, um edifício construído e ainda em construção, mas que está totalmente interligado por dentro e por fora."(26)

"Assim como aprendem a apreciar obras de arte, livros, cinema e teatro, por que não podemos apreciar as ciências - a física, em particular? (...)

Não é necessário ter um curso superior em física para entender ou ter condições de entender o mundo que nos cerca. É preciso, sim, que haja uma formação melhor no 2o grau que crie essas condições."(27)

"Seria ingênuo pensar que a simples leitura de inúmeros livros que tratam a física de maneira não formal possa dar condições para estabelecer-se novas formas de pensar e conceber as coisas, principalmente a nível da escola secundária, onde um livro mal escolhido para um determinado momento pode acarretar, ao invés do despertar de interesses, uma verdadeira ojeriza a tais leituras. (...)

Nosso curso de Instrumentação, acredito que não premeditadamente, praticou por muitas vezes o tema deste trabalho, pois, não foram raras as vezes que discussões profundas foram tratadas levando-se em conta várias correntes de opiniões filosóficas embasadas em estudos que contribuíram para o enriquecimento cultural..."(28)

"A tese da "Física como cultura" enseja a colisão criativa de áreas do saber que a priori pareceriam díspares. De resto, esse tipo de colisão entre o "exato" e o "humanístico" deu origem a alguns dos mais ilustres personagens do mundo das idéias: a escolástica medieval, a semiótica poética, a música eletroacústica e estocástica, a filosofia da ciência, a psicologia cognitiva, a arte fractal, a teoria de comunicação, a inteligência artificial, etc.

A "Física como cultura" tem relevância e escopo amplos: podemos colocar essa tese em vários níveis. Em particular, estamos interessados, neste trabalho, em um nível específico: o ensino de Física no 2o grau (com um eventual transbordo para o 3o grau e para o leigo estudioso). Não procuraremos, portanto, nos aproximar dos (monumentais) itens citados acima. O presente trabalho, longe de tentar desenvolver uma "teoria geral" da física como cultura procurará, na verdade, considerar essa tese enquanto manifestada concretamente na forma de um texto específico, do qual se esboçará uma análise.

Tal projeto revela conexões significativas com o conteúdo desenvolvido e discutido no curso de Instrumentação para o ensino de Física II, do IFUSP (1988). Pois uma análise do livro envolve componentes nas direções de três grandes versores do curso: propostas educacionais, filosofia da física e história da física. Além disso, o caráter interdisciplinar inerente à tese da "Física como cultura" esteve presente também ao longo do curso. Tais conexões tentarão ser evidenciadas à medida que progredir a análise do texto em questão."(29)

## Notas e referências.

1. Jornal do 363, no 1, março de 1975, págs. 1/2. A colega Suzana Rabinovich participou da organização de "Instrumentação" e do primeiro mês de aulas.
2. Jornal do 363, no 1, março/1975, pág. 1.
3. Martha, Ladi e Sílvia. Jornal do 363, no 2, abril/1975, pág. 8.
4. Walter, Antônio Carlos e Valdir. Jornal do 363, no 2, abril/1975, pág. 12.
5. José Damião, Paulo Roberto e Marco Vazzoler. Jornal do 363, no 3, maio/1975, pág. 1.
6. Antonio Brito, Aurélio, Ernesto, José Roberto, Marli e Terezinha. Jornal do 363, no 3, maio/1975, pág. 5.
7. Henrique, Joel, Osmar, Pedro, Radamés e Sérgio. Jornal do 363, no 3, maio/1975, pág. 7.
8. Alcides e Rosa. Jornal do 363, no 4, junho/1975, pág. 2.
9. Marli e Terezinha. Jornal do 363, no 4, junho/1975, pág. 4.
10. Arlinda, Eliana e Sylvia. Jornal do 363, no 4, junho/1975, págs. 8/9.
11. Resumos destes projetos foram publicados no Jornal do 363, no 5, ano 2, agosto/1976, págs. 1/21.
12. Textos de autoria de João Zanetic.
13. Texto extraído de "Uma análise do Projeto de Ensino de Física-Mecânica". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1977, de Diomar R.S. Bittencourt.
14. Texto extraído de "Análise de desempenho de alunos frente a objetivos do Projeto de Ensino de Física". Dissertação de mestrado, IFUSP/FEUSP, 1976, de Jesúna Lopes de Almeida Pacca.

15. Texto extraído de "Análise do projeto FAI - Uma proposta de um curso de Física Auto-Instrutivo para o 2o grau". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1977, de Fuad Daher Saad.
16. Texto extraído de "Um Projeto Brasileiro para o Ensino de Física". Tese de doutoramento, FFCL-Rio Claro, 1973, de Rodolpho Caniato.
17. Texto do psicólogo soviético E.A. Fleshner, publicado em inglês em: B. e J. Simon (eds.). Educational psychology in USRR. Routledge, London, 1963, págs. 202/212. Traduzido por Benedito Carneiro, com revisão de Diomar R.S. Bittencourt.
18. Texto de um grupo de alunos de "Instrumentação" de 1975: Benedito Carneiro, Frederico S. Sergio, Therezinha S.B. Coutinho e Shozo Shiraiwa. Esse trabalho foi desenvolvido durante o curso sob a orientação de Amélia Império Hamburger.
19. Texto de um grupo de alunos de "Instrumentação" de 1975: Eduardo Adolfo Terrazan, José Domingos T. Vasconcellos, Luiz Gabriel de Pieri, Vinicius Ítalo Signorelli e Cláudio Macchia. Esse trabalho foi desenvolvido durante o curso sob a orientação de João Zanetic.
20. Resumo da tradução do livro "Lettera a una professoressa (Scuela di Barbiana)", utilizado para trabalho de grupo apresentado no curso Tópicos de Educação em Ciências, em 02/09/76, Pós-graduação em Ensino, IFUSP.
21. Resumo de palestra proferida por Maria Nilde Mascellani na disciplina "Instrumentação", em 20/05/76. Jornal do 363, no 4, ano 2, junho/1976, págs. 5/9.
22. Artigo traduzido de Physics Education, maio/1969. Tradução de Eduardo Becker, 1975.
23. Texto de Bertrand Russel, extraído de uma publicação da EDART.
24. Extraído do relatório do projeto de Marcos Faria, janeiro/1989.

25. Koestler, Arthur. Os sonâmbulos. Ibrasa, São Paulo, 1961, págs. 214/242. Esse livro foi reeditado em 1989 com o título modificado para "O homem e o universo".
26. Extraído do relatório do projeto de Vilmar Gôngora, jan/89.
27. Extraído do relatório do projeto de Vivian S. Mizutami, jan/89.
28. Extraído do relatório do projeto de Ronaldo Fogo, jan/89.
29. Extraído do relatório do projeto de Valter Alnis Bezerra, jan/89.

## APÊNDICE 2

### Evolução dos conceitos da física

Como decorrência de minha experiência em abordar tópicos de história da física e filosofia da ciência na disciplina "Instrumentação para o ensino de Física", ministrei algumas vezes a disciplina "Evolução dos conceitos da física", obrigatória tanto para os bacharelados quanto para os licenciandos do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma disciplina de apenas um semestre com duas aulas semanais, ministrada no sétimo semestre dos cursos. Para os bacharelados é a única disciplina do Instituto que trata de aspectos não convencionais (teoria - experimentação - métodos matemáticos) da física. Como é uma disciplina isolada e bem diferente das demais, o seu conteúdo depende muito do professor responsável por ministrá-la.

### "Evolução" no 1º semestre de 1989

A seguir apresentarei um breve sumário dos tópicos abordados, para cada um dos quais preparei um "roteiro de aula".

#### 1. A física como instituição social (roteiro de 10 páginas).

Este tópico serviu para uma apresentação geral do conteúdo da disciplina, focalizando suas dimensões internalistas e externalistas. Foi abordado também o nascimento da ciência enquanto uma instituição social a partir do Renascimento; o papel das sociedades científicas; as primeiras publicações especializadas; a "saturação" da ciência, segundo Solla Price; a influência sócio-econômica no desenvolvimento da ciência. Deixei claro que a ênfase de "Evolução" ficaria restrita aos aspectos internalistas, se bem que, sempre que possível, fatores externos também estariam presentes.

#### 2. A radiação do corpo negro, a quantização e a estória da história da ciência (roteiro de 22 páginas).

Como a quase totalidade dos alunos havia feito disciplinas que abordavam temas vinculados ao surgimento da teoria quântica, resolvi iniciar a parte histórica com um tópico básico para tentar entender o nascimento da física quântica. Assim, repassamos brevemente alguns trabalhos relacionados com a "teoria clássica da radiação térmica" e o surgimento do estudo da "radiação do corpo negro". Participaram dessa discussão nomes como os de Kirchhoff, Maxwell, Boltzmann, Rayleigh, Stefan, Wien e Planck. O fato de ter adotado o "procedimento termodinâmico", levou Planck inicialmente, a uma nova dedução da "lei da radiação de Wien" (clássica) e, posteriormente, à sua "lei da radiação do corpo negro" (quântica). Enquanto isso ocorria, outros físicos (Rayleigh e Jeans, por exemplo) insistiam na tentativa clássica, e isso vários anos após a bem sucedida explicação quântica de Planck. Apresentei esse exemplo histórico para comentar a "reconstrução racional" ou distorção histórica praticada pela quase totalidade dos textos didáticos de física neste assunto.

### 3. Da indução baconiana à crítica de Popper (roteiro de 14 páginas).

Com este tópico dei início ao estudo da "filosofia" da ciência. Fiz uma breve introdução geral ao tema. A seguir expus o método indutivo e as diversas críticas, particularmente as de Hume e Popper. A introdução ao "método hipotético dedutivo" de Popper, com seu "princípio da refutabilidade", ocupou a parte central do tratamento deste tópico.

### 4. A revolução copernicana: antes, durante e depois (roteiro de 28 páginas).

Este tópico foi iniciado com uma rápida retrospectiva das "explicações" que os povos antigos davam para os fenômenos celestes. Isto culminou com o surgimento do calendário, intimamente relacionado com o nascimento da astronomia. A descrição do movimento aparente dos corpos celestes é sofisticada com o advento da ciência grega a partir do século VI a.C. A geometrização do movimento, a Terra esférica, as órbitas circulares, começam a povoar os corações e as mentes dos antigos gregos. Platão e Aristóteles foram os nomes maiores. A concepção de mundo geocêntrica sobrevive durante dois mil anos, baseada na

síntese de Ptolomeu e amparada na física de Aristóteles. No século XVI, Copérnico é o responsável por iniciar a demolição do edifício aristotélico-ptolomaico. Contrariando os seus sentidos, os homens começam a trabalhar com a hipótese do movimento da Terra. Tudo isso é abordado neste tópico, culminando com uma breve apresentação do conteúdo principal do "De revolutionibus", de Copérnico. Os problemas enfrentados por esse candidato a paradigma (por exemplo, o próprio movimento da Terra, as estações do ano, o fenômeno da paralaxe, entre outros), são também discutidos. A oposição de Ticho Brahe e Francis Bacon, e a defesa de Thomas Digges e Giordano Bruno, também são mencionadas.

### 5. Da "refutação" popperiana à "revolução científica" de Kuhn (roteiro de 14 páginas).

Continua-se com este tópico o estudo da "filosofia" da ciência. Aqui o principal personagem é o livro "A estrutura das revoluções científicas" de Thomas Kuhn. Seus conceitos de "ciência normal" e "revolução científica" são opostos ao refutacionismo de Popper e ao verificacionismo clássico. O papel da história da física ganha destaque neste tópico devido à construção teórica elaborada por Kuhn. Na discussão comparecem as aulas sobre a radiação do corpo negro e a revolução copernicana, como exemplos de aplicação dessas idéias filosóficas.

### 6. A elipse de Kepler e a "parábola de Galileu" (roteiro de 25 páginas).

Voltando à temática histórica retomo o fio da revolução copernicana com sua articulação praticada por Bruno, Kepler e Galileu. Estes nomes propiciam uma discussão de inúmeras dimensões: o metódico Galileu que demora a defender publicamente Copérnico e suas relações com a inquisição que o levam a viver em prisão domiciliar seus últimos anos de vida; o fantástico Bruno que, devido às suas posições heréticas e copernicanas, é queimado vivo a mando da mesma Inquisição; o ousado e imaginoso Kepler que concilia suas crenças com a geometria. As contribuições dos três, principalmente as de Kepler e Galileu, são apresentadas e discutidas neste tópico. A nova concepção de movimento, a queda dos corpos, a inércia, o rompimento do círculo, a geometrização das observações e do imaginário,

são temas que percorrem essa aula. O papel da história e sua ligação com os temas filosóficos também comparece nessa discussão.

7. Da "normalização" kuhniana ao anarquismo epistemológico de Feyerabend (roteiro de 15 páginas).

Depois de Popper e Kuhn, comparece mais um filósofo da ciência: Paul Feyerabend. Este critica tanto o refutacionismo de Popper quanto a vagarosa normalidade de Kuhn. Propõe o tudo vale, a proliferação de teorias e a contra-indução. Enfim, é o anarquismo epistemológico e sua propaganda. O "argumento da torre" e Galileu são os pontos fortes de argumentação de Feyerabend. De novo, o tratamento deste tópico se beneficia das aulas de história da física que o precederam, como também das aulas sobre filosofia da ciência. Nestas aulas o mote subjacente que norteia o conteúdo e a discussão é "física também é cultura".

8. Dos vórtices de Descartes à maçã de Isaac Newton (roteiro de 15 páginas).

Descartes completa o quadro iniciado por Kepler e Galileu. A sua dedicação ao estudo da queda dos corpos e da inércia, são compensados: segundo Koyré, deve-se a Descartes a enunciação do "princípio da inércia". A seguir, menciono os nomes de William Gilbert, Robert Hooke, Halley e, finalmente, Newton. O nascimento da mecânica comparece em sua plenitude neste tópico. Uma breve introdução à vida de Newton e ao seu "Princípios" também são alvos desta aula.

9. A crítica do racionalismo clássico e o surracionalismo de Bachelard (roteiro de 10 páginas).

Finalizando esta introdução à filosofia da ciência, uma breve exposição de algumas idéias de Gaston Bachelard. Os conceitos de obstáculo epistemológico, ruptura (ou corte epistemológico), noumenologia (em oposição à fenomenologia) e a recorrência histórica foram apresentados e discutidos. O novo espírito científico esteve presente na aula. Uma comparação com as idéias de Kuhn e Feyerabend também foi realizada.

No início do semestre distribuí uma programação prevista para "Evolução" que incluía, além dos tópicos acima descritos os seguintes: "Newton, a crítica de Mach e a relatividade", "A crítica e o desenvolvimento do conhecimento: um balanço de Popper, Kuhn, Feyerabend e Bachelard" e "Ainda a radiação do corpo negro, o efeito foto-elétrico e o congresso de Solvay". Por falta de tempo estes tópicos não foram abordados. Isso reflete a necessidade de aumentar a carga horária dessa disciplina ou a criação de uma nova para possibilitar não só a inclusão de novos tópicos, mas, o aprofundamento dos que foram abordados.

A avaliação de "Evolução" constou de duas provas escritas sem consulta. Como preparação para a primeira prova e também como motivação para o estudo da radiação do corpo negro, que ocupou duas das aulas do semestre, propus o seguinte trabalho:

"No capítulo 2 discutimos alguns antecedentes que levaram à criação de um novo campo de investigação em física: a pesquisa da radiação térmica. Essas pesquisas levaram ao estudo do espectro de emissão de diferentes corpos em função da temperatura. Elaboraram-se leis empíricas, por exemplo as de Kirchhoff e de Stefan, bem como o desenvolvimento de explicações teóricas baseadas em diferentes concepções da física clássica. Em 1900, na tentativa de solucionar a aparente contradição existente entre a distribuição da radiação de corpo negro e as previsões teóricas construídas até então, por exemplo as leis de distribuição de Wien e a de Rayleigh e Jeans, Planck é forçado, com base em suas argumentações para explicar a expressão "meio empírica" que havia obtido, a introduzir o "quantum de ação", pela primeira vez na história da física.

O tema "radiação do corpo negro" é presença obrigatória em todos os textos didáticos universitários de física moderna ou de introdução à teoria quântica.

Com base no texto do capítulo 2 faça uma comparação entre o que vimos nestas duas aulas sobre esse tema e a abordagem de algum texto didático de sua escolha. Procure, particularmente, relacionar a forma de apresentação da lei de Rayleigh-Jeans com a lei da radiação de Planck enfatizando os modelos utilizados nas respectivas explicações. Procure verificar se há alguma "distorção" histórica ou

"reconstrução racional" relevante. Caso haja, quais seriam as possíveis razões desse procedimento por parte dos autores dos textos didáticos?

Obs.: este trabalho não é para ser entregue, porém faremos uma discussão em aula (noturno: 30/03 e diurno: 04/04) e o tema do trabalho será alvo de uma questão da 1ª prova."

Para dar uma idéia do nível de conteúdo abordado em "Evolução" apresento abaixo uma das provas do período diurno e uma do período noturno. A primeira prova ocorreu no início de maio e a segunda no final de junho.

### 1ª avaliação (diurno):

Responda a seguinte questão relacionada com a comparação entre um texto didático e o capítulo 2 (radiação do corpo negro) discutido em aula:

- 1.a) Apresente um breve sumário das principais idéias que, partindo da curva experimental de emissão do corpo negro, levaram à lei da radiação de Planck.
- b) Compare esse resumo com o conteúdo correspondente de um livro didático. Destaque as principais diferenças.

Das questões abaixo, responda três à sua escolha.

2. Uma das questões mais frequentes que surge quando se discute a ciência como uma instituição social é a seguinte: "quais as funções sociais da ciência". O que você tem a dizer a respeito?
3. Popper apresenta sérias críticas ao método científico tradicional. Quais são elas? O que Popper propõe como metodologia alternativa à indução?
4. Vimos em aula (capítulo 4) a passagem do modelo geocêntrico ao modelo copernicano. Assumindo que este último se transformou no novo paradigma, explique a evolução de um para o outro tomando como referencial teórico a proposta de evolução do conhecimento científico de Thomas S. Kuhn.

5. Compare as propostas de Karl Popper e Thomas Kuhn para "evolução" das teorias científicas. Aponte as semelhanças e as principais diferenças.

6. Apesar de separados por mais de trezentos e cinquenta anos, há pontos de contato entre os trabalhos de Copérnico e de Planck? Se você acha que há, apresente-os e discuta.

### 2ª avaliação (noturno):

Das questões abaixo, responda três à sua escolha.

1. Quais foram as principais contribuições de Kepler a favor do paradigma Copernicano?
2. Koyré diz o seguinte: "A história do pensamento científico (físico) da Idade Média e da Renascença pode ser dividida em três períodos. Ou, mais exatamente, visto que a ordem cronológica corresponde muito mal a esta divisão, a história do pensamento científico apresenta-nos grosso modo três etapas, correspondendo, por sua vez, a três tipos de pensamento. Física aristotélica, inicialmente; física do impetus, inaugurada, como todas as coisas, pelos gregos, mas elaborada sobretudo no decurso do século XIV pela escola parisiense de Buridan e de Nicolau Oresme, em seguida; física matemática, experimental, arquimediana ou galilaica, por fim." Analise estas afirmações de Alexandre Koyré, situando-as no contexto do tratamento dado nas aulas de "Evolução".
3. Galileu afirmou (através de Salviati): "...jamais vi ou esperei ver a pedra cair a não ser perpendicularmente, o mesmo creio que todos os outros hajam visto. Melhor é, portanto, deixar de lado a aparência, a propósito da qual concordamos todos, e recorrer ao poder da razão, seja para confirmar-lhe a realidade, seja para revelar-lhe a falácia." Feyerabend utiliza sistematicamente citações de Galileu para apresentar seu modo de ver o desenvolvimento do conhecimento científico.

Apresente um resumo desse modo utilizando a frase de Galileu como parte de seu argumento.

4. "Força igual a massa vezes aceleração" e "Penso, logo existo", resumem praticamente o que um leigo conhece sobre o pensamento de Newton e Descartes, respectivamente. O que você poderia acrescentar para melhorar a "cultura científica" desse leigo?

### APÊNDICE 3

#### O NASCIMENTO DA MECÂNICA

O estudo da mecânica, básico para a introdução da física nos cursos superiores e parte integrante ponderável do ensino de física no 2º grau, caracteriza-se exclusivamente em nossas escolas pela exploração de dois elementos muitas vezes desenvolvidos autonomamente: i. a explicitação da linguagem matemática na qual conceitos e leis são expressos e sua aplicação na solução de exercícios e problemas exemplares; ii. experiências simples direcionadas à ilustração de determinados fenômenos e aquisição de conhecimentos técnicos elementares e de apresentação de resultados experimentais.

No meu entender essas duas atividades, que são básicas para a compreensão do funcionamento da teoria física e sua limitação, não são satisfatórias para dar uma visão mais completa do desenvolvimento que levou à elaboração final dessa teoria. É provável que um tratamento baseado apenas nesses dois pontos satisfaça, em princípio, os objetivos de um curso com características mais técnicas, como é o caso dos cursos de engenharia, onde a física participa de uma forma mais subsidiária. Este não é o caso quando se trata da formação de pesquisadores em física ou de professores de física em qualquer nível de ensino. Um pesquisador em física necessita conhecer a fundo a sua área de conhecimento somando as contribuições advindas do aprendizado do algoritmo, da experimentação e de uma abordagem epistemológica. Se tivermos em mente as figuras marcantes da física nos últimos três séculos, isto é, desde o nascimento da física como uma área do conhecimento com características peculiares bem marcadas contando com as contribuições fundamentais de nomes como os de Kepler, Galileu e Newton, até as mais recentes conquistas da física contemporânea, notaremos a preocupação

epistemológica e ou histórica sempre presentes. Podemos perceber isso tanto nos trabalhos dos precursores há pouco citados quanto nos dos criadores das teorias que revolucionaram a física no início deste século. Mais recentemente Feynman foi um exemplo de um físico que deixou clara sua preocupação com questões metodológicas em artigos e conferências e, de forma menos direta, na sua coleção de Lectures. De outro lado, o professor de física, principalmente aquele que vai dar aulas no segundo grau de nossas escolas, necessita de uma formação histórica/epistemológica, ou melhor dizendo, uma formação que propicie a apresentação da física como um corpo organizado de cultura em contínuo desenvolvimento.

Nas décadas recentes uma crescente produção de estudos sobre história da ciência, particularmente de história da física, tem trazido à tona importantes elementos para fornecer uma melhor compreensão da evolução e transformação das teorias físicas, seu contexto histórico-social, as contribuições de grandes físicos que muitas vezes não aparecem nos textos didáticos mas que deram contribuições imprescindíveis para o desenvolvimento dessas teorias. Para situar no contexto da mecânica, objeto de estudo desta pesquisa, basta mencionar as contribuições de Gilbert, Hooke, Halley, Descartes, Galileu e muitos outros para a grande síntese apresentada por Newton nos seus "Principia" e das contribuições quase anônimas de outros, como Euler, que foram vitais para a articulação da teoria da mecânica newtoniana no século seguinte. Isto não representa uma simples "correção" histórica, assunto de museu ou purismo exarcebado, mas uma apreensão da construção dessa teoria que, reavaliada com os conhecimentos adquiridos com o advento da física contemporânea, dá um quadro exemplar de evolução e compreensão da física enquanto ciência.

Assim, o objetivo desta pesquisa é a de suprir uma falha na formação de físicos e professores de física. Essa intensa pesquisa sobre a história da física não tem atingido as salas de aula ou os manuais didáticos largamente utilizados. Pergunta-se: qual seria o papel dessa história da física no ensino? No caso desta pesquisa essa pergunta dirige-se mais diretamente à história da mecânica e à formação dos professores de física do segundo grau.

Nos últimos dois anos um conjunto de roteiros de aulas compreendendo cerca de duzentas páginas tem sido utilizado com relativo sucesso na disciplina "Instrumentação para o ensino de física" no IFUSP. A ênfase está na apresentação da física aristotélica, seu desenvolvimento durante a idade média (escola parisiense, principalmente), a revolução copernicana e sua articulação e o nascimento da mecânica com as principais contribuições de Kepler, Descartes, Galileu e Newton.

No caso do ensino correspondente ao de 2º grau em outros países a contribuição mais marcante no sentido de utilização da história da física foi a o Projeto Harvard do final da década de 60. É um referencial importante para nosso trabalho. Pretendemos apreender seu significado, sua construção e como foi sua aplicação e avaliação nos Estados Unidos, onde foi desenvolvido.

A biblioteca do Instituto de Física da Universidade de São Paulo dispõe em seu acervo de um bom conjunto de livros clássicos da física bem como de assinaturas de revistas que possibilitam um trabalho de pesquisa do tipo aqui proposto, como é o caso das publicações: Isis, American Journal of Physics, Social Studies of Science, La Recherche, Giornale di Fisica, Physics Teacher, Physics Education, e outras diretamente relacionadas com a física. Em outras bibliotecas da cidade universitária da USP, particularmente na Faculdade de Filosofia e na Faculdade de Educação, há outras publicações também relevantes para a execução deste trabalho. Assim temos condições objetivas adequadas para levar a bom termo este empreendimento. Além do mais contamos no IF com vários colegas que têm se dedicado também a este tipo de pesquisa, oferecendo desta forma uma massa crítica suficiente.